Н. В. ВИНОГРАДОВ

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЕЙ ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН



«ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1975

Н. В. ВИНОГРАДОВ

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЕЙ ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Издание второе, переработанное



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1975

6П2.1.081
В 49

Со всеми замечаниями и предложениями просим обращаться по адресу: *Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, изд-во «Высшая школа».*

Виноградов Н. В.

В 49 Производственное обучение электрослесарей по ремонту электрических машин. Изд. 2-е, перераб. М., «Высш. школа», 1975.

135 с. с ил.

Методическое пособие содержит указания по организации и проведению производственного обучения электрослесарей по ремонту электрических машин в профессионально-технических учебных заведениях. В пособии изложены также методические указания по разборке и сборке электрических машин, по текущему и капитальному их ремонту.

Пособие предназначено для мастеров профессионально-технических учебных заведений и инструкторов производственного обучения предприятий, на которых учащиеся проходят производственную практику.

Рекомендовано к изданию Государственным комитетом Совета Министров СССР по профессионально-техническому образованию.

$В\frac{30307-014}{052(01)-75}$ 48—75 6П2.1.081

ПРЕДИСЛОВИЕ

В создании материально-технической базы коммунизма ведущую роль играет электрификация, призванная обеспечить развитие всех отраслей народного хозяйства, их электровооруженность и технический прогресс. План электрификации предусматривает значительное увеличение выработки электроэнергии и выпуска электрических машин.

Кадры специалистов по эксплуатации и ремонту электрооборудования подготовляются в системе профессионально-технического образования, в том числе электрослесари по ремонту электрических машин.

Электрослесарь должен знать методы разборки, ремонта и сборки электрических машин. Настоящее методическое пособие и освещает эти вопросы. Методика обучения слесарному делу изложена в специальных пособиях *.

Объяснение производственных приемов должно базироваться на теоретических знаниях, полученных учащимися на уроках специальной технологии. В процессе производственного обучения рекомендуется пользоваться рисунками из учебника по специальной технологии ** и учебными плакатами.

Приведенный в методических указаниях материал должен быть сообщен учащимся при изучении соответствующих тем производственного обучения. Это может быть сделано различными методами — проведением беседы, показом макетов или деталей ремонтируемых машин и т. д. Методы обучения не приведены для каждого отдельного случая, так как это связывало бы инициативу мастера производственного обучения.

---

* Митрофанов Л. Д. Производственное обучение слесарному делу. М., «Высшая школа», 1969.

** Виноградов Н. В Электрослесарь по ремонту электрических машин. М., «Высшая школа», 1974.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ОБОРУДОВАНИЕ УЧЕБНЫХ МАСТЕРСКИХ

Оснащение учебной мастерской по разборке, ремонту и сборке электрических машин должно соответствовать техническому уровню оборудования, применяемого на современных ремонтных заводах. В частности, мастерская должна иметь моечные ванны для промывки деталей демонтируемых машин, сеть сжатого воздуха, лампы местного освещения, розетки для включения электронагревательных приборов, универсальные измерительные приборы и инструменты, винтовые съемники для разборки машин, грузоподъемные механизмы для транспортировки ремонтируемых машин, электроизмерительные приборы, виброметры, индикаторы, термометры, наборы слесарных инструментов, верстаки.

Для ознакомления учащихся с конструкцией электрических машин в учебной мастерской размещают на специальных столах наглядные пособия, представляющие собой детали этих машин. Сложные составные части, например коллекторы, должны быть в собранном и разобранном виде. Для объяснения устройства алюминиевой беличьей клетки ротора асинхронного электродвигателя рекомендуется растворить его стальной сердечник, поместив ротор в химические реактивы. Останется только алюминиевая клетка, на которой видны стержни обмотки, замыкающие кольца и лопатки вентиляторов.

Чтобы показать размещение изолированных обмоток в пазах, надо иметь макеты разрезанных сердечников якоря. Аналогичные макеты должны изображать сечение полюсной системы машины постоянного тока с разрезанными полюсными катушками, укрепленными на полюсах.

Для объяснения устройства подшипников полезно иметь макеты, представляющие собой их продольные разрезы. Кроме того, нужно иметь шариковые и роликовые подшипники в разобранном и собранном виде.

Очень полезными учебными пособиями являются собранные электрические машины, у которых вырезана четверть подшипниковых щитов и станины (рис. 1).

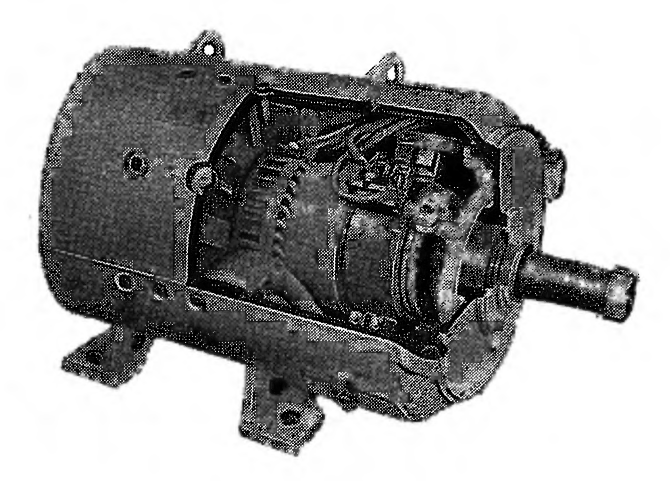


Рис. 1. Макет машины постоянного тока

Изготовление таких наглядных пособий является довольно трудоемкой и сложной задачей, но они позволяют легко объяснить устройство машины. Такие макеты дают возможность поворачивать якорь, останавливая его в разных положениях. Делать это надо осторожно, чтобы не повредить пальцы вращающимися частями, например лопастями вентилятора. Рекомендуется якорь застопорить и освобождать его только для демонстрационных занятий под руководством мастера.

На стены учебной мастерской следует повесить в застекленных рамках чертежи электрических машин наиболее распространенных единых серий, выполненные тушью на ватмане. Верхнюю половину чертежа изображают в разрезе, нижняя половина должна представлять собой наружный вид машины. Для большей наглядности разрезы надо не штриховать, а закрашивать красками различных цветов, отображающих характер

материала. Обычно алюминий изображают бледно-голубой краской, сталь — голубой, медь — желтой, изоляцию — коричневой. Вал, являющийся телом вращения, можно растушевать тенями. Для лучшего усвоения учебного материала рекомендуется повесить на стены чертежи тех машин, которые имеются в учебной мастерской в качестве макетов.

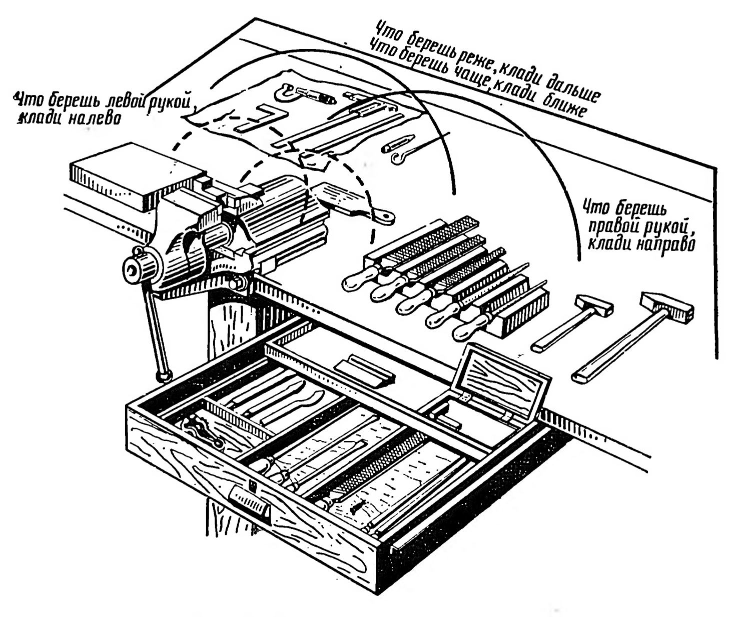


Рис. 2. Рабочее место электрослесаря

Кроме конструкций электрических машин на настенных плакатах изображают наиболее распространенные электрические схемы, например схемы дощечек зажимов асинхронного двигателя и машины постоянного тока с разными системами возбуждения, схему переключения трехфазной обмотки со звезды на треугольник, схемы реверсирования, схемы обозначения выводов электрических машин. Выполнение таких схем полезно поручить учащимся.

Мастер знакомит учащихся с оборудованием учебной мастерской, наглядными пособиями, макетами, а затем с рабочими местами. С первых же занятий надо приучать учащихся соблюдать чистоту и порядок на

рабочем месте. При выполнении работ инструменты, которые берут правой рукой, должны быть уложены на верстаке справа, а инструменты, которые берут левой рукой, — слева. Инструменты, которыми пользуются часто, должны быть расположены ближе, а те, которыми пользуются реже, могут быть размещены дальше (рис. 2).

На верстаке не должно быть лишних материалов и инструментов, не используемых при данной работе. Надо разъяснить учащимся, что с этих, казалось бы, мелочей начинается научная организация труда, от которой зависят его производительность и качество продукции. Не следует жалеть времени на терпеливое разъяснение этих положений, так как значительно труднее потом отучить учащихся от вредных привычек, если они их приобретут в начале обучения.

При ознакомлении учащихся с общими задачами техники безопасности и путями устранения травматизма в учебных мастерских мастер рассказывает о возможных причинах травматизма на производстве. Подробно освещает меры предупреждения травматизма, такие как запрещение пользоваться неисправными инструментами, ограждение вращающихся частей станков и электрооборудования, находящегося под напряжением, и др. Разбирает типовые инструкции по технике безопасности.

Мастер подробно перечисляет причины возникновения пожаров и способы их предупреждения. Знакомит учащихся с противопожарными мероприятиями и учит пользоваться средствами для тушения пожаров. Указывает на причины загораний осветительных и силовых сетей и средства защиты.

На электромашиностроительном производстве наиболее опасными участками в отношении возникновения пожара являются помещения, в которых производится пропитка обмоток. Поэтому лаки и растворители должны храниться в соответствии с правилами их хранения. Должна быть обеспечена надежная вентиляция помещения.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

Производственное обучение имеет решающее значение в профессиональной подготовке учащихся. Оно должно проводиться в процессе производительного труда

как в учебных мастерских, так и на промышленных ремонтных предприятиях на изделиях, имеющих производственную ценность. Упражнения на макетах и заготовках допустимы лишь для получения учащимися первоначальных навыков и умений по отдельным приемам и операциям.

Целесообразно организовать работу в учебных мастерских на базе выполнения заказов на ремонт электрических машин, принимаемых от ремонтного предприятия, на котором учащиеся будут проходить производственную практику, или от других предприятий. При этом надо так подбирать ремонтируемые машины, чтобы учащиеся могли при их ремонте изучить все вопросы программы производственного обучения. Руководство бригадами учащихся следует поручить опытным слесарям по ремонту электрических машин, чтобы учащиеся с первых же дней осваивали правильные приемы работы.

Мастер производственного обучения должен поддерживать постоянную связь с преподавателем специальной технологии, чтобы на уроках учащиеся проходили необходимый теоретический материал перед выполнением операций в учебной мастерской. Для охвата всей программы обучения группы учащихся должны чередоваться на различных операциях разборки, ремонта и сборки машин согласно специальному графику, составленному мастером производственного обучения и утвержденному руководством училища.

Производительный труд учащихся должен быть полностью подчинен основным учебно-воспитательным задачам. Необходимо научить учащихся работать старательно, быстро и давать продукцию высокого качества. Обучение должно быть основано на современной технике и технологии производства, передовой организации труда и высокопроизводительных способах работы. Оно базируется на знаниях, полученных учащимися при изучении специальных, общетехнических и других предметов. Благодаря этому облегчается освоение учащимися профессиональных навыков и умений, углубляются их знания и закладывается прочная основа роста производственной квалификации.

Программа обучения построена по операционно-комплексной системе, которая обеспечивает последовательное и систематическое овладение учащимися про-

изводственными умениями, навыками на уровне современных требований, а также возможность планомерного повышения их производительности труда. Время, отводимое на каждую операцию, рассчитано лишь на первоначальное овладение ею.

После освоения основных приемов работы и главных операций разборки, ремонта и сборки электрических машин проводятся комплексные работы с возрастающей степенью сложности. При этом учащиеся осваивают наиболее характерные сочетания приемов и операций, овладевают современными способами выполнения типичных работ по профессии и высокопроизводительными методами труда.

На протяжении производственного обучения мастер руководит работой каждого учащегося следующим образом:

помогает ему организовать рабочее место;

объясняет технические требования, предъявляемые к выполняемой работе, правила организации труда и техники безопасности;

показывает наиболее рациональные приемы выполнения каждой новой операции, пользование инструментами и приспособлениями;

проверяет ход выполнения работы и ее результаты;

указывает на допущенные учащимися ошибки, объясняет и показывает, как нужно устранять недостатки в работе.

Особое внимание мастер уделяет освоению учащимися новой техники, высокопроизводительных приемов работы и культуры труда.

КОММУНИСТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Морально-политические качества советских людей формируются всем социалистическим укладом нашей жизни, но прежде всего идейно-воспитательной работой партии. Сердцевиной всей идейно-воспитательной работы партии является формирование у широчайших масс трудящихся коммунистического мировоззрения. На одном из первых мест в идеологической работе, которую проводит партия, стоит воспитание в советских людях нового, коммунистического отношения к труду.

Важное место в общественно-политической жизни

страны принадлежит Ленинскому комсомолу. Центральной задачей комсомола является воспитание молодежи в духе коммунистической идейности, преданности нашей Советской Родине, в духе интернационализма, активная пропаганда норм и духовных ценностей нашего общества.

Коммунистическое воспитание следует рассматривать как повседневную работу по развитию у учащихся качеств, характеризующих человека коммунистического общества. Вовлекая учащихся в соревнование за глубокое овладение теоретическими знаниями и практическими навыками, надо воспитывать у них такие качества, как честность, коллективизм, дружба, товарищеское сотрудничество и взаимопомощь, стремление к повышению квалификации, знаний, культуры.

Очень важно развивать у учащихся чувство ответственности за выполняемую работу. Надо разъяснять им, какие убытки терпит народное хозяйство при выходе из строя электродвигателя из-за небрежно выполненного ремонта. Очень важно научить их беречь используемые в работе материалы, измерительные инструменты и электрические приборы. При каждом новом виде работ следует сообщать учащимся стоимость материалов и деталей.

Чтобы учащиеся чувствовали ответственность за выполняемую работу и проявляли инициативу при овладении знаниями и производственными навыками, необходимо заранее знакомить их с предстоящими в ближайшие дни работами. Это приучает их планировать свое время, заранее присматриваться к тем приемам, которыми они должны будут овладеть. Это особенно важно в период работы на ремонтном предприятии, где мастер не имеет возможности постоянно наблюдать за всеми учащимися.

Важное значение имеет воспитание у учащихся чувства гордости за свое училище и предприятие, на котором они будут работать. Для этого их следует ознакомить с историей и перспективным планом развития предприятия, его передовыми людьми. На примере данного предприятия учащиеся будут видеть, как развивается наша промышленность, как внедряются в жизнь достижения науки и техники. На конкретных примерах надо показать им, какое большое значение имеют электрические машины в энерговооруженности рабочего,

в повышении производительности труда, механизации и автоматизации производства, т. е. в решении основных задач создания экономической базы коммунистического общества.

Следует рассказать учащимся о том, какое исключительно важное значение в жизни партии, всего советского народа в борьбе за построение коммунизма в нашей стране имеют решения XXIV съезда КПСС. Рассказать о намеченных мерах по улучшению управления промышленностью, совершенствованию планирования и усилению экономического стимулирования промышленного производства. Для осуществления этих решений каждый рабочий должен знать, какие конкретные меры необходимо принять, чтобы предприятие работало лучше, рентабельнее, как скажется улучшение работы предприятия на условиях труда и быта, на материальном обеспечении трудящихся.

Мастер должен стремиться к тому, чтобы каждый учащийся понимал, что социалистическое соревнование направлено на скорейшее внедрение новой техники, научной организации труда, улучшение качества продукции, всемерное повышение производительности труда. Все передовое, что есть на предприятии, должно благодаря социалистическому соревнованию получить массовое распространение. В этом важное условие достижения новой, более высокой ступени хозяйствования на каждом предприятии.

ПРОВЕДЕНИЕ ЗАНЯТИЙ

Для достижения положительных результатов обучения мастер должен в ходе занятий применять следующие проверенные и оправдавшие себя на практике формы работы:

вводный инструктаж перед изучением каждой новой темы программы;

индивидуальный или бригадный инструктаж;

заключительный инструктаж.

Вводный инструктаж необходим для повторения и закрепления соответствующих знаний по общетехническим дисциплинам и специальной технологии, без которых учащиеся не могут сознательно относиться к практической работе.

Вводный инструктаж включает следующие элементы:

проверка явки учащихся и их внешнего вида;
опрос учащихся по ранее пройденной теме;
ознакомление учащихся с новой операцией;
показ рабочих приемов и их объяснение;
инструктаж по организации рабочего места и сообщение правил техники безопасности;
ознакомление с инструментами, механизмами, приспособлениями, применяемыми при выполнении данной операции или рабочего приема;
выполнение пробных упражнений несколькими учащимися для закрепления рабочих приемов.

Индивидуальный или бригадный инструктаж необходим для того, чтобы учащиеся уяснили себе сущность приемов и специфику их выполнения во всех деталях. Успех обучения, в частности развитие у учащихся самостоятельности и инициативы, в значительной мере зависит от правильного проведения индивидуального инструктажа. Мастер должен вовремя заметить ошибки, допущенные учащимися в приемах работ, и указать на них, иначе неправильный прием может стать привычным, что значительно труднее исправить.

Нужно добиваться от учащихся полного завершения каждой операции, каждого перехода технологического процесса. Этому способствуют регулярные показы приемов и помощь в работе, которую мастер должен оказывать учащимся во время уроков. Мастер должен не только применять правильные приемы, но и работать быстро, чтобы меньше задерживаться возле каждого учащегося и не оставлять группу без внимания. Вместе с тем не следует приучать учащихся слишком часто показывать мастеру свою работу и обращаться к нему за разъяснениями.

Мастер должен проверять обработанные учащимися детали или процессы сборки сразу после завершения работы. Оставлять работу у себя, чтобы проверить ее в день теоретических занятий, не рекомендуется. Проверять работу следует в присутствии учащегося, причем так, чтобы все неправильности и дефекты были ему хорошо видны. Учащиеся должны предъявлять мастеру детали или сборочные единицы для контроля только после того, как сами их проверят.

На уроках производственного обучения учащиеся должны закрепить теоретические знания и получить опыт измерения микрометром, штангенциркулем, угломером,

калибрами, должны пользоваться таблицами допусков, определять класс чистоты поверхности.

В процессе выполнения заданий учащиеся пользуются чертежами, инструкциями и технологическими картами. Пользование технологическими картами помогает учащимся освоить последовательность выполнения операций, создает у них правильное представление о современной передовой технологии, связи между производственным и теоретическим обучением, а также приучает их применять передовые методы в работе.

Заключительный инструктаж, проводимый в конце занятия, состоит из следующих элементов:

разбор ошибок, допущенных в процессе выполнения упражнений;

осмотр и оценка выполненных учащимися работ;

оценка результатов занятия;

разбор характерных затруднений, возникающих при выполнении работ, анализ их причин и способов устранения.

В конце заключительного инструктажа мастер задает учащимся контрольные вопросы. Эти вопросы приведены в конце каждой темы.

Учащиеся должны принимать активное участие в заключительном инструктаже. Это способствует воспитанию у них самостоятельности в работе. Существенным моментом в заключительном инструктаже являются конкретные указания мастера по подготовке учащихся к следующему занятию.

После заключительного инструктажа учащиеся сдают мастеру инструменты и приводят в порядок свои рабочие места. Затем группа покидает мастерскую, а мастер делает необходимые записи в журнале производственного обучения, составляет план занятий на следующий день и подготовляет все необходимое для этих занятий.

ОЦЕНКА УСПЕВАЕМОСТИ УЧАЩИХСЯ

Проверка и оценка успеваемости учащихся по производственному обучению является важной составной частью учебного процесса и средством борьбы за высокое качество профессиональной подготовки молодых рабочих. После изложения учебного материала и выполнения учащимися упражнений по его закреплению мастер должен проверить, насколько прочно учащиеся усвоили

пройденный материал, оценить знания и умения каждого из них, вскрыть возможные причины отставания некоторых учащихся и наметить меры по оказанию им помощи.

Основными показателями качества усвоения учащимися знаний, умений и навыков по производственному обучению являются:

правильность и рациональность приемов и способов труда, применяемых учащимися, правильность организации рабочего места;

соблюдение правил техники безопасности, технических требований и других качественных показателей учебно-воспитательной работы;

выполнение установленных количественных показателей (нормы времени и выработки), по которым судят о степени овладения учащимися профессиональным мастерством;

степень самостоятельности выполнения задания, показывающая уровень квалификации учащегося.

Успеваемость оценивается на основе учета всех перечисленных показателей. При освоении новых операций основное внимание при оценке результатов работы учащихся обращают на правильное выполнение приемов и соблюдение технических требований. При выполнении комплексных работ, в которые включаются ранее пройденные операции, следят за выполнением норм времени, а затем, по мере усвоения приемов, обращают внимание на самостоятельное применение на практике знаний и умений.

Оценки работы учащихся проставляют, пользуясь едиными нормами оценки успеваемости по производственному обучению согласно Инструкции о планировании и учете учебной работы в профессионально-технических училищах, утвержденной Государственным комитетом Совета министров СССР по профессионально-техническому образованию. Чтобы оценки, выставляемые мастером производственного обучения, были действенными и помогали в борьбе за высокое качество обучения, они должны точно отражать фактический уровень профессиональных знаний, умений и навыков каждого учащегося.

Справедливая оценка, хорошая или плохая, оказывает воспитательное воздействие на учащегося. Это надо использовать для стимулирования учебно-производственной деятельности учащихся. Мастер должен помнить, что

незаслуженное завышение оценки вводит в заблуждение учащихся и не способствует их стремлению улучшить свою работу, что приводит к снижению качества подготовки молодых рабочих. Излишняя придирчивость при оценке успеваемости также недопустима, так как незаслуженное занижение оценок неизбежно приводит к расхолаживанию учащихся, вызывает у них чувство обиды и не стимулирует повышение качества работы.

При выставлении оценок мастер объясняет учащемуся, за что ставит ту или иную оценку. Если за работу поставлена отличная оценка, надо объяснить всей группе положительные стороны работы данного ученика. Если работа оценена хорошим баллом, следует указать, чего именно учащийся не выполнил, почему ему нельзя выставить более высокий балл, и дать совет, как добиться лучших показателей. В тех случаях, когда работа оценивается неудовлетворительным баллом, необходимо объяснить учащемуся, какие приемы или операции он выполнил неправильно. При этом надо указать учащемуся пути исправления ошибок и помочь ему добиться лучших результатов в работе.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Заключительным этапом обучения электрослесаря по ремонту электрических машин является производственная практика, проводимая на ремонтном предприятии или на электромашиностроительном заводе. Она имеет большое значение в подготовке электрослесаря. В этот период обучения учащиеся работают в производственных условиях на современном оборудовании, применяя передовую технологию. Здесь они имеют возможность овладеть высокопроизводительными приемами труда, перенять опыт передовых рабочих. Работа в коллективе является важным средством коммунистического воспитания. Она вырабатывает у учащихся стремление работать творчески и участвовать в рационализации труда.

Производственная практика начинается с ознакомления учащихся с правилами техники безопасности на предприятии и отдельных его участках. Занятия по технике безопасности проводит инженер предприятия. Первое знакомство с предприятием имеет большое значение для воспитания у учащихся чувства гордости за свою

будущую профессию. Обычно беседу о предприятии проводит один из преподавателей отдела технического обучения предприятия. Мастер производственного обучения училища согласовывает с преподавателем содержание беседы.

Примерный план вводной беседы:

1. Профиль предприятия, выпускаемая продукция и ее значение в народном хозяйстве.
2. Краткая история предприятия.
3. Особенности технологии производства.
4. Основные цехи, их назначение и роль в обеспечении выполнения предприятием государственного плана.
5. Взаимосвязь между цехами в процессе ремонта электрических машин.
6. Основные материалы, применяемые при ремонте.
7. Правила поведения учащихся в цехах и на территории предприятия.
8. Рационализаторская работа на предприятии и достижения передовиков производства.

Вводная беседа сопровождается экскурсиями по цехам предприятия. В экскурсионную группу должно входить не более 10—15 учащихся, иначе объяснения экскурсовода не будут слышны. Большую учебную группу следует разбить на несколько подгрупп.

При ознакомлении с производством обращают внимание учащихся на его механизацию, использование новых материалов, приспособлений для разборки и сборки электрических машин. Знакомят учащихся не только с теми цехами, где они будут проходить практику, но и с другими основными цехами: литейным, механическим, штамповочным. Во время экскурсий обращают внимание учащихся на важность труда электрослесаря в процессе ремонта электрических машин, рассказывают о лучших людях предприятия, членах бригад коммунистического труда, рационализаторах и изобретателях.

Мастер производственного обучения училища в период производственной практики должен:

правильно распределить учащихся по рабочим местам, оснащенным современным оборудованием, механизмами и приспособлениями, чтобы были изучены наиболее типичные и характерные виды работ, выполняемых рабочими данной профессии;

обеспечивать учащихся производственными заданиями, отвечающими требованиям учебных программ, и

снабжать их технической литературой по профессии; систематически контролировать работу учащихся.

В процессе производственной практики на предприятии учащиеся имеют возможность ознакомиться с прогрессивными методами ремонта электрических машин — планово-предупредительным и поточным. Участвуя в общественной жизни предприятия, учащиеся знакомятся с ролью постоянно действующих производственных совещаний, организацией коммунистических субботников. В процессе производственной работы учащиеся приобретают опыт сдачи изготовленной продукции высокого качества с первого предъявления.

Производственная практика на предприятии заканчивается присвоением учащимся квалификации в зависимости от успехов производственной практики.

ПОДГОТОВКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН К РЕМОНТУ

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕМОНТУ

Прежде чем приступить к этой теме, мастер рассказывает учащимся об особенностях конструкций и устройства электрических машин. Это им необходимо знать, чтобы в процессе работы не повредить такие части машин, как магнитные сердечники, контактные кольца, коллекторы, щеткодержатели, обмотки.

Необходимым условием для обеспечения высокого качества ремонта является чистота рабочего места. Пыль и грязь, попадающие на обмотки электрических машин, резко снижают электрическую прочность изоляции; даже маленькая металлическая стружка, попавшая на обмотку, почти всегда вызывает пробой изоляции. Чистота рабочего места зависит от организации технологического процесса. Например, чтобы избежать попадания опилок в изоляцию, надо производить опиливание вдали от обмоточных участков. На рабочем месте должен быть шланг от сети сжатого воздуха, которым продувают сердечники перед укладкой обмотки, коллекторы перед их сборкой и другие составные части, а также верстаки перед началом работы и после ее окончания. Применение сжатого воздуха значительно повышает производительность труда по сравнению с очисткой сердечников кистью.

Рационализация технологического процесса заключается в отделении подготовительных операций от основ-

ных, благодаря чему сокращаются непроизводительные затраты времени и повышается производительность труда. Так, изоляционные материалы режут на заготовительных участках, оборудованных высокопроизводительными станками, и выдают на рабочее место по установленным нормам расхода на единицу изделия; щетки притирают не вручную в процессе сборки машины, а на самостоятельном участке при помощи шлифовального барабана, приводимого во вращение электродвигателем.

Рационализация рабочих приемов слесарями-новаторами заключается в том, что устраняются лишние движения путем группировки отдельных операций и их механизации. Например, при сборке партии однотипных двигателей сначала надевают на валы все шарикоподшипники, нагрев их в масляной ванне, затем вставляют все роторы в расточки статоров, пользуясь сборочным приспособлением, и только после этого приступают к общей сборке.

Замена ручного труда механической обработкой значительно увеличивает производительность труда. Так, если подшипник скольжения после заливки баббитом и проточки обрабатывают на станке разверткой, то на ручное шабрение оставляют минимальные припуски и процесс намного ускоряется.

Слесарные работы при ремонте электрических машин имеют специфические особенности по сравнению с такими же работами в общем машиностроении. Например, контактные токоведущие соединения зачищают стеклянной бумагой, а не наждачной, так как это нарушит электропроводность контакта. При пайке соединений в обмотках места пайки очищают канифольными флюсами, а не соляной кислотой, разъедающей изоляцию.

Наиболее сложной является работа электрослесаря выездной бригады по ремонту крупных машин на месте их установки. В этом случае огромное значение имеет совмещение профессий. Например, при ремонте механических частей электрических машин иногда приходится устранять незначительные неисправности обмоток. Это делает электрослесарь, совмещающий профессию обмотчика с основной. Электрослесарь, овладевший знаниями и навыками токаря, может проточить коллектор на станке. Электрослесарь, получивший удостоверение такелажника, может застропливать оборудование при монтаже и ремонте. Электрослесарь, прошедший соответствую-

щую подготовку, может выполнять функции электромонтера при включении в сеть электродвигателей и принимать участие в испытании их после ремонта. Поэтому в программу подготовки электрослесарей включены темы, не имеющие прямого отношения к основной профессии.

Электрические машины в процессе ремонта часто приходится модернизировать, повышая их эксплуатационную надежность и экономичность. Например, в машинах старых выпусков заменяют однослойные обмотки двухслойными, подшипники скольжения заменяют подшипниками качения, повышают класс нагревостойкости изоляции, заменяют проволочные бандажи бандажами из стеклоленты. Для этого электрослесарь должен располагать сведениями о новых электротехнических материалах, хорошо знать устройство и условия работы электрических машин и их основных составных частей.

Контрольные вопросы

1. Что надо знать об организации рабочего места?
2. Почему необходимо отделять подготовительные операции от основных?
3. В чем заключается группировка отдельных операций?
4. Как сэкономить время на шабрении подшипников скольжения?
5. Чем зачищают токоведущие контакты?
6. Почему нельзя паять соединения в обмотках с флюсом из соляной кислоты?
7. В чем заключается совмещение профессий?
8. Какая модернизация электрических машин встречается при ремонте?

ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ

При выполнении ремонтных работ широко используют электрические и пневматические болтоверты, дрели, шлифовальные машинки, пневматические молотки, распылители для окраски собранных машин и их деталей и др. Применение этих инструментов и приспособлений во много раз повышает производительность труда. Чтобы правильно их использовать, слесарь должен знать их устройство и правила эксплуатации. Рассмотрим устройство наиболее распространенных инструментов и приспособлений.

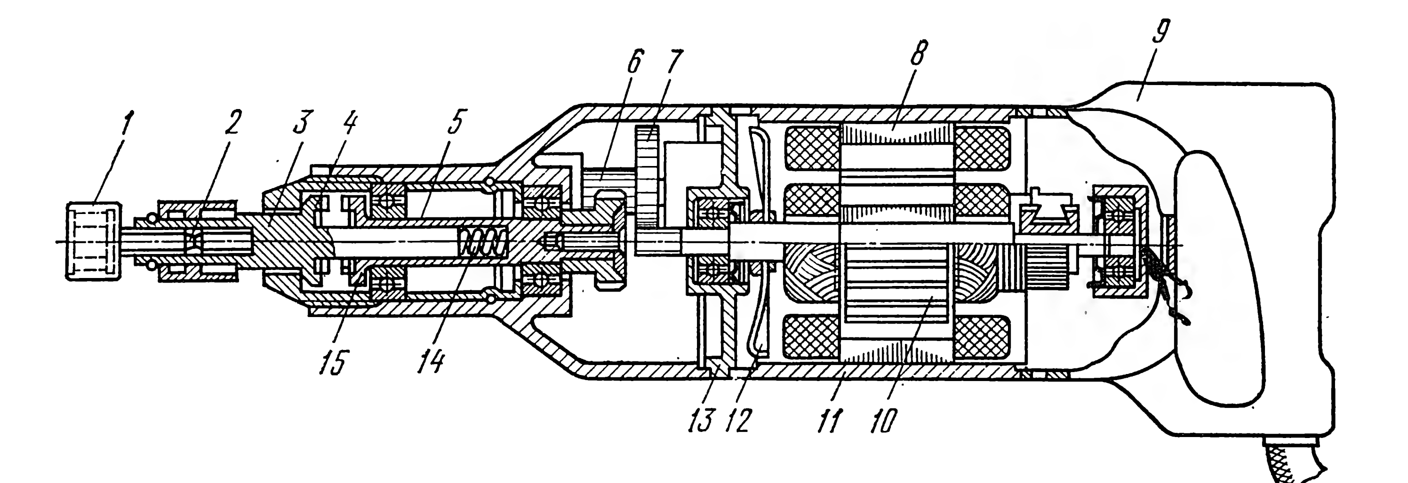


Рис. 3. Электрический болтоверт:

1 — сменная головка ключа, *2* — шарик, *3* — держатель ключа, *4* и *15* — кулачки, *5* — шпиндель ключа, *6* и *7* — шестерни редуктора, *8* — статор электродвигателя, *9* — рукоятка, *10* — якорь электродвигателя, *11* — корпус электродвигателя, *12* — вентилятор, *13* — промежуточный щит, *14* — пружина

Электрические болтоверты (рис. 3) применяют при разборке и сборке ремонтируемых машин. Они снабжены специальной расцепляющейся муфтой кулачкового типа, помещенной между шпинделем *5* и держателем *3* ключа. Муфта служит для автоматического выключения вращения держателя ключа в момент окончания затяжки резьбового соединения или при превышении вращающим моментом на шпинделе определенной величины.

Шпиндель имеет три кулачка *15*, образующих одну половину муфты. Внутри шпинделя помещена пружина *14* и хвостовик держателя, на торцовой поверхности которого имеются три кулачка *4*, образующих вторую половину муфты. Хвостовик сменной головки *1* ключа вставлен в полую часть держателя. Головка не выпадает из держателя благодаря шарику *2*, западающему в кольцевую выточку на хвостовике. В нерабочем состоянии обе половины муфты разжимаются пружиной. При нажиме на рукоятку *9* кулачки *4* и *15* муфты зацепляются, в результате чего сменная головка начинает вращаться. По окончании затяжки резьбы начинается проскальзывание муфты и головка останавливается.

Болтоверт приводится во вращение коллекторным электродвигателем, статор *8* которого вставлен в корпус *11*, а якорь *10* с вентилятором *12* насажен на вал, вращающийся в шарикоподшипниках. Вращение передается через шестерни *6* и *7* редуктора. Один из шарикоподшипников вставлен в промежуточный щит *13*, а другой — в головку корпуса.

Электродрель (рис. 4) приводится в действие однофазным коллекторным электродвигателем. Корпус электродрели состоит из трех частей: верхнего щита *3*, станины *5* и нижнего щита *10*. Статор *4* электродвигателя закреплен в станине винтами, а якорь *6* насажен на вал *8*, который вращается в шарикоподшипниках. Электродвигатель охлаждается вентилятором *7*, закрепленным на валу; в корпусе дрели имеются отверстия для прохода охлаждающего воздуха.

Вращение от якоря электродвигателя к шпинделю осуществляется через редуктор, состоящий из трех пар цилиндрических шестерен. Ведущая шестерня нарезана на конце вала якоря и входит в зацепление с шестерней первого промежуточного вала редуктора. На конце второго промежуточного вала нарезана шестерня, которая

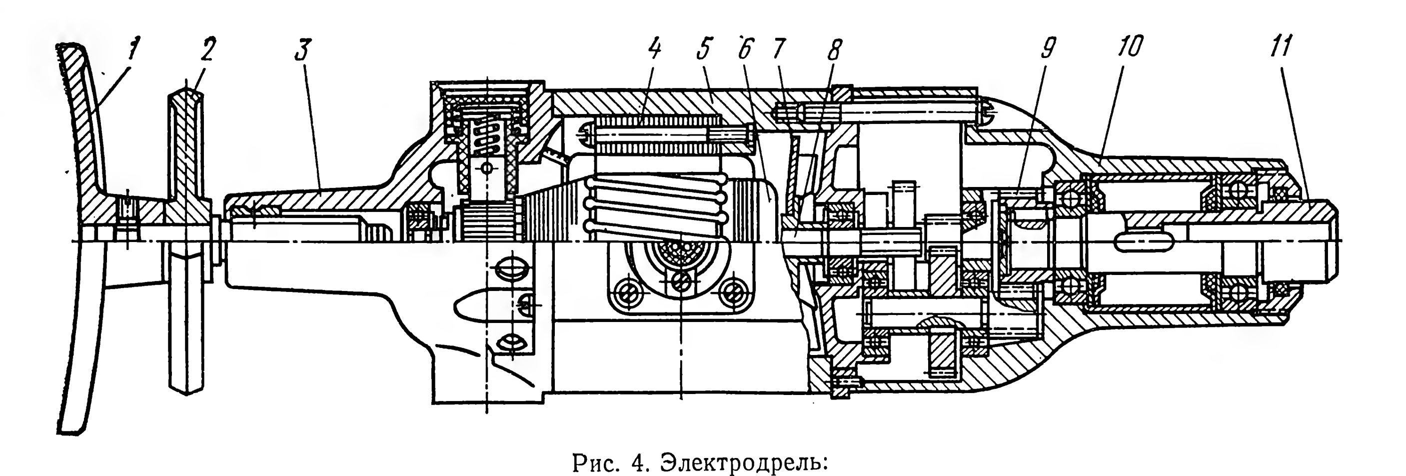


Рис. 4. Электродрель:

1 — упор, *2* — крестовина, *3* и *10* — верхний и нижний щиты корпуса, *4* — статор электродвигателя, *5* — станина, *6* — якорь электродвигателя, *7* — вентилятор, *8* — вал электродвигателя, *9* — шестерня, *11* — шпиндель

зацепляется с шестерней *9*, закрепленной на конце шпинделя *11*. К верхнему щиту корпуса прикреплен упор *1* и винт подачи с крестовиной *2*. К корпусу электродвигателя прикреплена рукоятка держателя токоведущего кабеля, в которую вмонтирован кнопочный выключатель. Производительность электродрели в несколько раз выше ручных дрелей. Ее можно использовать также для зачистных и отделочных работ, если вместо сверла вставить металлическую щетку или абразивный круг.

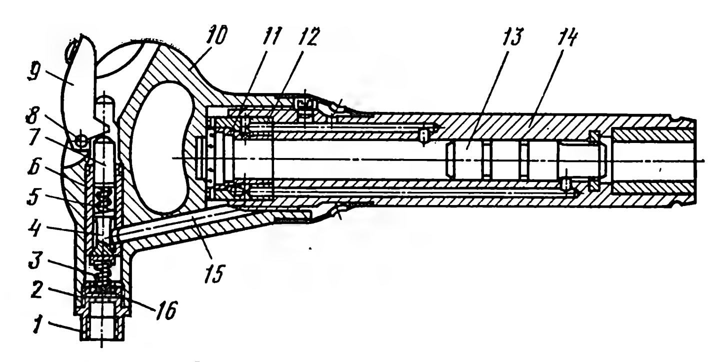


Рис. 5. Пневматический молоток:

1 — штуцер, *2* — металлическая сетка фильтра, *3* и *5* — пружины, *4* — клапан, *6* — втулка, *7* — толкатель клапана, *8* — ось курка, *9* — пусковой курок, *10* — корпус-рукоятка, *11* — золотник, *12* — золотниковая коробка, *13* — ударник, *14* — ствол молотка, *15* — канал для сжатого воздуха, *16* — кольцо фильтра

Пневматические молотки (рис. 5), работающие от сети сжатого воздуха, применяют при рубке металлов, чеканке стержней короткозамкнутых обмоток и забивке клиньев в пазы; их использование значительно увеличивает производительность труда. Пусковой механизм молотка заключен в корпусе-рукоятке *10* и имеет клапан *4*, расположенный во втулке *6* и прижимаемый к ее торцу пружиной *5*. В нерабочем состоянии молотка пружина перемещает клапан и закрывает доступ сжатому воздуху в канал *15*, направленный к распределительному механизму.

При нажатии пусковой курок *9* поворачивается вокруг оси *8* и перемещает толкатель *7* клапана. Толкатель, сжимая пружину *3*, перемещает пусковой клапан к штуцеру *1*. Между конусом клапана и торцом втулки

образуется кольцевая щель, через которую сжатый воздух проникает в канал *15*. Во избежание попадания внутрь молотка загрязненного воздуха над штуцером установлена металлическая сетка *2*, удерживаемая кольцом *16*. Воздухораспределительный механизм, обеспечивающий возвратно-поступательное движение ударника *13*, состоит из золотниковой коробки *12*, запрессованной в ствол *14* молотка, и золотника *11*, который осуществляет распределение сжатого воздуха, давая ему то одно, то другое направление.

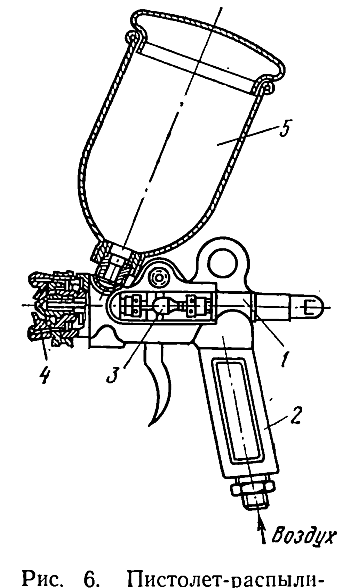


Рис. 6. Пистолет-распылитель:

1 — корпус распылителя, *2* — рукоятка, *3* — регулятор подачи краски, *4* — форсунка, *5* — стаканчик для краски

Пистолеты-распылители воздушного действия (рис. 6) позволяют механизировать операцию окраски электродвигателя, который окрашивают после ремонта, чтобы придать ему красивый внешний вид и предохранить его от коррозии. Краска подается в пистолет самотеком из стаканчика *5* по центральному каналу при одновременном засасывающем действии воздушной струи. Основными частями пистолета-распылителя являются корпус *1*, рукоятка *2*, регулятор подачи краски *3*, форсунка *4* и стаканчик для краски. Угол расширения струи смеси краски с воздухом изменяется в пределах 20—90° в соответствии с регулировкой форсунки. Сжатый воздух, подаваемый в распылитель, очищается от масла и воды в специальном масло-водоотделителе, проходя через фильтры, состоящие из чередующихся слоев кокса и войлока.

Контрольные вопросы

1. Как регулируют усилия затяжки болта в электрическом болтоверте?
2. Для каких работ применяется электродрель?
3. Из каких частей состоит механизм пневматического молотка?
4. Как устроен пистолет-распылитель?

ВИДЫ РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

До недавнего времени отсутствовала научно обоснованная классификация видов ремонтов. В зависимости от местного толкования они имели разное наименование и содержание. С 1 января 1971 года в СССР введена Единая система конструкторской документации, согласно которой регламентированы виды ремонтов и эксплуатационные документы, являющиеся основой правильной эксплуатации электрических машин.

В зависимости от особенностей, степени повреждения и износа электрических машин и их составных частей, а также трудоемкости ремонтные работы делятся на следующие виды: текущий (малый) ремонт, средний ремонт и капитальный ремонт.

Текущий ремонт является таким минимальным по объему видом ремонта, при котором обеспечивается нормальная эксплуатация машины до очередного планового ремонта. Во время текущего ремонта устраняют неисправности, заменяя или восстанавливая отдельные быстро изнашивающиеся части, а также выполняют регулировочные работы. Текущий ремонт осуществляется эксплуатационным персоналом или ремонтными службами на месте установки машин.

Средний ремонт заключается в восстановлении эксплуатационных характеристик электрической машины путем ремонта или замены только изношенных или поврежденных составных частей. Кроме того, при среднем ремонте обязательно проверяют техническое состояние остальных составных частей и устраняют обнаруженные неисправности. При среднем ремонте может также производиться капитальный ремонт отдельных основных составных частей, а также могут выполняться регулировочные работы. Средний ремонт осуществляется подвижными или стационарными ремонтными службами.

Капитальный ремонт заключается в полной разборке и дефектации электрической машины, замене или ремонте всех составных частей, проверке их состояния, сборке машины, регулировке и испытании. Капитальный ремонт осуществляется стационарными ремонтными предприятиями.

Завод-изготовитель электрической машины поставляет вместе с машиной эксплуатационные документы, предназначенные для изучения ее устройства и правил

эксплуатации и служащие основой для ее текущих ремонтов.

В число эксплуатационных документов входят:

техническое описание (ТО);

инструкция по эксплуатации (ИЭ);

инструкция по техническому обслуживанию (ИО);

инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке машин (ИМ);

формуляр (ФО), составляемый на машины, для которых необходимо вести учет их технического состояния и данных по эксплуатации;

паспорт (ПС), составляемый на машины, технические данные для которых гарантируются заводом-изготовителем;

ведомость запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов (ЗИП), в которой приводятся списки запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов;

ведомость эксплуатационных материалов.

Для среднего и капитального ремонта составляют ремонтную документацию, состоящую из следующих документов:

общее руководство по ремонту;

руководство по среднему ремонту (РС);

руководство по капитальному ремонту (РК);

технические условия на средний и капитальный ремонт;

нормы расхода запасных частей и материалов;

ремонтные чертежи.

Эксплуатационная и ремонтная документация обеспечивает правильную эксплуатацию электрических машин и сохранение их первоначальных свойств после ремонта. В целях сокращения количества документов их выпускают не на каждый тип машины, а сразу на всю серию машин данного типа, например на все асинхронные двигатели в диапазоне мощностей 1—100 кВт выпускается один документ.

Внедрение единых серий асинхронных двигателей, синхронных машин и машин постоянного тока резко сократило номенклатуру электрических машин, находящихся в эксплуатации. Со времени пуска в производство первой единой серии асинхронных двигателей типов А и АО двигатели старых серий уже износились.

В старых сериях асинхронных двигателей мощностью

до 100 кВт было много типов обмоток, несколько марок и сотни размеров обмоточных проводов, десятки сортов изоляционных материалов. В единых сериях применена одинаковая конструкция и технология обмоток, что позволяет организовать на ремонтных заводах производство запасных частей по образцу электромашиностроительных заводов. Ремонтные заводы имеют обмоточные данные всех двигателей единых серий, что дает возможность заранее изготовить катушки обмоток, нарезать комплекты изоляции, подготовить пазовые клинья и вспомогательные материалы.

Контрольные вопросы

1. Какое влияние на организацию ремонта оказала Единая система конструкторской документации?
2. В чем заключается текущий ремонт электрических машин?
3. Какие процессы входят в средний ремонт электрических машин?
4. Из чего складывается капитальный ремонт электрических машин?
5. Перечислите эксплуатационную документацию.
6. Какие документы включает ремонтная документация?
7. Какое влияние на производство ремонта оказали единые серии?

СНЯТИЕ РЕМОНТИРУЕМОЙ МАШИНЫ С ФУНДАМЕНТА

Перед снятием машины с фундамента или салазок отсоединяют ее от сети. Кабель, по которому подводится ток к двигателю, опускают вниз или отводят в сторону, чтобы не повредить его при подъеме машины краном. Следует предупредить учащихся, что нельзя резко перегибать кабели, иначе могут образоваться изломы изоляции. Чтобы защитить концевую кабельную разделку от попадания воды, ее вместе с жилами и наконечниками после отсоединения машины завертывают в лакоткань.

Затем двигатель отсоединяют от механизма, с которым он соединен. Чаще всего двигатели средней мощности соединены с механизмом муфтами или клиноременной передачей. Чтобы снять ремни, ослабляют их натяжение, отвертывая натяжные болты салазок, на которых установлен двигатель. Отвинчивают болты, крепящие двигатель к фундаменту или стальной конструкции. Двигатель снимают при помощи грузоподъемных механизмов.

Все работы, связанные с подъемом и перемещением грузов, относятся к такелажным работам. При производстве такелажных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности, так как малейшее нарушение этих правил может привести к серьезным авариям и несчастным случаям с людьми. К производству такелажных работ допускаются рабочие не моложе 18 лет, физически здоровые, прошедшие производственное обучение по программе подготовки такелажников, сдавшие испытание квалификационной комиссии и получившие соответствующее удостоверение.

При такелажных работах исключительно большое внимание уделяется надежной строповке груза. Электрические машины средней мощности стропят за грузовые винты, вставив в отверстия ломик. Это наиболее простой способ; позволяющий быстро надеть или снять петли стропов. При подъеме или перемещении груза надо быть очень внимательным и не забывать ни одной мелочи. Нельзя оставлять на поднимаемом грузе инструменты или незакрепленные детали, так как они могут упасть и причинить людям тяжелые увечья. Под поднятым грузом не должно быть людей.

Прежде чем подать сигнал крановщику о подъеме груза, убеждаются в надежности его строповки. При подъеме груза нельзя быстро отрывать его от пола и волочить по полу, если он находится за пределами действия грузоподъемного устройства. Все грузоподъемные механизмы и стропы периодически осматривают и испытывают; при этом составляют акты о годности их для эксплуатации. Все стропы снабжают бирками, на которых указана их грузоподъемность, дата испытания и пригодность к работе.

Двигатель, снятый с фундамента, ставят на тележку и отвозят в ремонтный цех. Перед разборкой двигатель очищают снаружи тряпками и щетками, смоченными керосином, чтобы грязь не попала внутрь его.

Контрольные вопросы

1. Как производится отсоединение двигателя от сети?
2. Кто допускается к такелажным работам?
3. Как стропят электрические машины средней мощности?
4. В чем надо убедиться перед подъемом двигателя краном?
5. Как очищают наружную поверхность двигателя перед разборкой?

ДЕФЕКТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПЕРЕД РЕМОНТОМ

Стоимость ремонта, его продолжительность и качество зависят от точности определения характера неисправности; это называется дефектацией. Поэтому перед ремонтом каждой машины определяют, в чем заключается неисправность. Часто неисправности, имеющие одни и те же признаки, бывают вызваны разными причинами. Поэтому определение характера неисправности представляет трудную задачу. Для этого требуются не только знания, но и большой практический опыт. Учащиеся, проходящие производственную практику на ремонтном предприятии, должны привлекаться к этой работе, чтобы у них вырабатывалось умение определять характер неисправности путем прослушивания работы машины и по приборам.

Неисправности электрических машин разделяют на внешние и внутренние.

К внешним неисправностям электрических машин относятся: обрыв одного или нескольких проводов, соединяющих машину с сетью, или неправильное их соединение; перегорание плавкой вставки предохранителя; пониженное или повышенное напряжение питающей сети; перегрузка машины; ухудшение вентиляции; высокая температура окружающей среды.

Внутренние неисправности разделяются на электрические и механические. К электрическим неисправностям относят неисправности обмоток и их соединений. Как показывает практика, до 70% поступающих в ремонт машин имеют электрические неисправности. К механическим неисправностям относят нарушение работы подшипников, ослабление прессовки магнитных сердечников, нарушение регулировки давления щеток на коллектор, искривление и поломку вала и т. п.

Прежде чем снимать машину с места установки для ремонта, определяют характер ее неисправности. Внешнюю неисправность легко устранить на месте, при внутренних неисправностях машину снимают с места установки и отправляют в ремонт.

Всякая неисправность электрической машины тем легче может быть устранена, чем раньше она обнаружена. Поэтому при текущих осмотрах необходимо тщательно проверять все составные части машины. Приведем несколько примеров.

Повышенное сопротивление контакта одной из фаз на зажимах асинхронного двигателя можно легко устранить на месте установки. Если же этот двигатель будет работать в режиме двухфазного включения, то может сгореть обмотка статора.

Нарушение соединения обмотки якоря с пластиной коллектора можно восстановить, пропаяв контакт, иногда даже не разбирая машину. Если эту неисправность не заметить вовремя, провода обмотки якоря расплавятся и потребуется ее капитальный ремонт.

В случае междувитковых замыканий в катушке статора можно отключить замкнутые витки и разомкнуть их выводные концы. При работе машины с замкнутыми витками произойдет расплавление части обмотки, а в машинах большой мощности может выгореть даже участок магнитного сердечника («пожар» в железе).

Сопротивление изоляции обмотки, пониженное вследствие отсыревания, можно легко восстановить сушкой обмотки. Если этого не сделать, может произойти пробой изоляции на корпус и машина выйдет из строя.

Разматывание бандажа или обрыв отдельных проволок исправляют его перемоткой. Если этого не сделать вовремя, обмотка якоря поднимется из пазов и будет задевать за неподвижные части машины, что приведет к выходу из строя всей машины.

Из приведенных примеров видно, что задачей эксплуатации электрических машин является предупреждение аварий.

Исправное состояние и хорошая работа обмоток зависят от ряда факторов, которые как будто прямого отношения к обмоткам не имеют, но их необходимо устранять при ремонте во избежание повторного выхода машины из строя. Например, при заедании подшипников электродвигатель попадает в режим короткого замыкания, когда статор подключен к сети, а ротор не вращается. При этом по обмотке протекает ток, в несколько раз больший номинального, обмотка сильно нагревается и изоляция ее обугливается. Чрезмерный нагрев коллектора машины постоянного тока вследствие неисправности щеточного аппарата может вызвать распаивание соединений обмотки якоря с коллектором. Задевание ротора за статор при чрезмерном износе подшипников скольжения неизбежно сопровождается повреждением обмоток. Если наружная поверхность двигателя и решет-

ки для забора охлаждающего воздуха загрязнены, то это ухудшает охлаждение и ускоряет старение изоляции. Нарушение изоляции листов сердечников влечет за собой усиленный нагрев, при котором изоляция обмоток может обуглиться.

В настоящее время все больший объем ремонта электрических машин приходится на крупные ремонтные предприятия, снабженные передовой техникой. Ремонт отдельных частей электрических машин выполняется рабочими различных профессий. Так, ремонт обмоток выполняют обмотчики, сварочные работы — сварщики, механическую обработку — станочники. Однако ни одна из ремонтируемых машин не проходит мимо электрослесаря, так как перед ремонтом ее надо разобрать, а после ремонта снова собрать. От качества разборки и сборки зависит надежность отремонтированной машины. Проверяя поступившую в ремонт машину до ее разборки, электрослесарь определяет характер неисправности, а от этого зависит скорость выполнения ремонта, его стоимость и качество.

Контрольные вопросы

1. Какие неисправности электрических машин называются внешними?
2. Какие неисправности относятся к внутренним?
3. Как устранить повышенное сопротивление контакта?
4. Почему нельзя оставлять в работе машину с межвитковыми замыканиями обмотки статора?
5 Как восстановить пониженное сопротивление изоляции?
6. К чему приводит заедание подшипников двигателя?

СНЯТИЕ ШКИВОВ И ПОЛУМУФТ С ВАЛА

Как известно, для соединения электрических машин с приводным механизмом или первичным двигателем служат клиноременные передачи или муфты. Значительно реже встречаются машины, у которых для этих целей служит насаженная на конец вала шестерня зубчатой передачи.

Разборка всякой машины начинается со снятия с конца вала шкива или полумуфты. Примерный план производственного обучения этого урока следующий:

Тема программы

Разборка электрических машин.

Тема урока

Снятие шкива с вала.

Цель урока

Научить правильно выполнять операции.

Подготовка урока

Подготовка машин с надетыми шкивами.
Регулировка винтового съемника.

Вводный инструктаж

Проверка явки учащихся на занятие.
Проверка подготовки учащихся к данному уроку.
Показ винтового съемника и объяснение правил пользования им.
Изложение правил техники безопасности.

Перечень упражнений

Пользование винтовым съемником.
Зажигание паяльной лампы.
Нагрев шкива паяльной лампой.

Обход учебных мест

Проверка выполнения учащимися операций снятия шкива, норм времени и правил техники безопасности.

Разбор допущенных учащимися отступлений от технологического процесса.

Показ правильных приемов работы.

Проверка выполненной работы.

Заключительный инструктаж

Разбор ошибок, допущенных учащимися.
Оценка выполненной работы.
Разбор проведенного занятия.
Сдача учащимися рабочих мест, инструментов и приспособлений.

В машинах общего применения шкив или полумуфта насажены на цилиндрический конец вала с напряженной или тугой посадкой 2-го класса точности. Для защиты от проворачивания их на валу служит шпонка. При обучении методам разборки надо объяснить учащимся, что нельзя снимать шкив или полумуфту, ударяя по ним молотком или забивая клин между подшипником и шкивом или полумуфтой. Это обычно ведет к откалыванию борта шкива, изгибу конца вала машины и повреждению подшипника, воспринимающего осевую нагрузку на вал, что может вывести машину из строя.

Шкив снимают с вала винтовым съемником (рис. 7), состоящим из крюков *1*, поперечины *3* и упорного вин-

та *4*, вращаемого воротком *2*. Съемник устанавливают вдвоем. Один учащийся держит съемник и следит за тем, чтобы крюки прилегали к торцу обода шкива, а другой вращает упорный винт съемника до тех пор, пока винт упрется в торец вала двигателя. При дальнейшем вращении винта шкив начнет сдвигаться с конца вала двигателя.

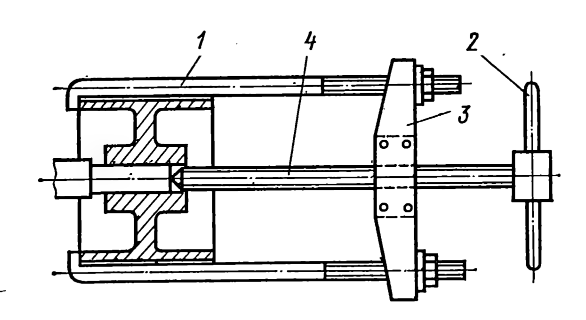


Рис. 7. Винтовой съемник:
1 — крюк, *2* — вороток, *3* — поперечина, *4* — упорный винт

Крюки съемника должны быть отрегулированы так, чтобы они захватывали шкив одновременно. Если шкив будет захвачен, например, только одним крюком, то при вращении упорного винта съемник перекосится, что приведет к искривлению конца вала. Кроме того, при перекосе съемника требуется значительно большее усилие и шкив с тонкими стенками может дать трещину. Торец упорного винта должен надавливать точно на центр вала разбираемой машины.

При снятии шкива или полумуфты с вала винтовым съемником усилие стягивания действует вдоль оси вала, поэтому вал не может искривиться, а подшипник электрической машины не нагружается этим усилием. При снятии нельзя ударять по воротку съемника молотком, так как можно повредить съемник и сбить его с центра вала.

Наибольшее усилие требуется для первоначального сдвига с вала шкива. Если не удается сдвинуть шкив съемником, прогревают ступицу шкива паяльной лампой. Отверстие ступицы при нагреве увеличится, и шкив легко сдвинется с вала. При этом конец вала обертывают мокрыми тряпками, чтобы он не нагрелся.

При снятии с вала шкив поддерживают руками или подвешивают на грузоподъемном приспособлении, чтобы он не упал. После снятия шкива вращением упорного винта в обратную сторону освобождают и снимают съемник. Разборку машин малой мощности легким съемником может производить один учащийся, одной рукой поддерживая съемник, а другой повертывая упорный винт.

Контрольные вопросы

1. Какие виды передач применяют для соединения электрических машин с механизмами?
2. Почему нельзя сбивать шкив с вала молотком?
3. Как пользоваться винтовым съемником?

РАЗБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ РЕМОНТА

В настоящее время электрические машины выпускаются в виде серий асинхронных и синхронных машин и машин постоянного тока. Серийное производство электрических машин значительно упрощает процесс обучения разборке и сборке, так как машины имеют одинаковую конструкцию. Перед началом разборки ученик должен рассмотреть устройство машины по чертежу общего вида с продольным разрезом, понять назначение деталей и составить план разборки. После этого он может приступить к процессу разборки согласно намеченному плану. Такой метод обучения приучает учащихся к сознательному выполнению процесса разборки, и по мере перехода к машинам более сложной конструкции у них вырабатываются правильные методы работы.

Конструкции электрических машин учащиеся изучают в курсе специальной технологии, они подробно рассмотрены в учебнике Н. В. Виноградова «Электрослесарь по ремонту электрических машин». Здесь изложены методические указания по разборке электрических машин, которыми следует пользоваться при обучении учащихся.

Надо выработать у учащихся привычку не разбрасывать детали и сборочные единицы при разборке, чтобы не потерять и не поломать их. Мелкие детали (щеткодержатели, детали дощечки зажимов) складывают в коробки, а на более крупные навешивают бирки с обозначением типа и заводского номера машины. Все болты и другие резьбовые соединения ввертывают в те места, из

которых их вывернули при разборке. Затраченное на это время компенсируется ускорением процесса сборки, так как не нужно разыскивать и подгонять детали. При разборке электрических соединений навешивают на разъединяемые соединения бирки, чтобы при сборке не нарушалась схема соединений.

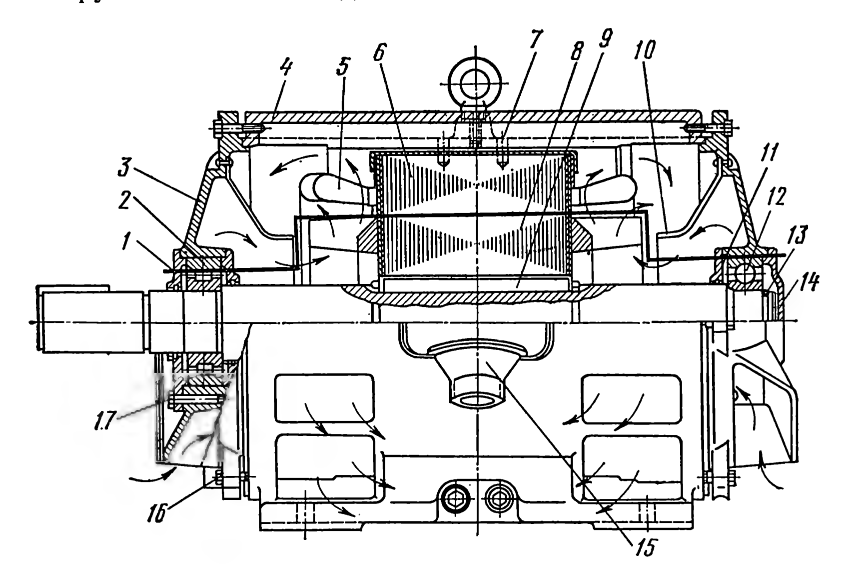


Рис. 8. Асинхронный электродвигатель А2-81:

1 и *14* — наружные крышки подшипников, *2* — роликоподшипник, *3* — подшипниковый щит, *4* — станина электродвигателя, *5* — обмотка статора, *6* — статор электродвигателя, *7* — штифт, *8* — сердечник ротора, *9* — шпонка, *10* — направляющий щиток для воздуха, *11* — внутренняя крышка подшипника, *12* — шарикоподшипник, *13* — пружинное кольцо, *15* — коробка выводов, *16* и *17* — болты

Основной операцией при разборке электрических машин является отделение вращающихся частей от неподвижных. Для изучения процесса разборки большую пользу может оказать нанесение на чертеж продольного разреза машины разъединительных линий.

Рассмотрим в качестве примеров чертежи некоторых электрических машин. У асинхронного двигателя А2-81 (рис. 8) при разборке шарикоподшипник *12* должен оставаться на валу, поэтому разъединительная линия проведена на чертеже по наружному диаметру шарикоподшипника. Затем она проходит по воздушному зазору

Рис. 9. Синхронная машина СГ:

1 — якорь возбудителя, *2* — полюса возбудителя, *3* — станина возбудителя, *4* — шарикоподшипник, *5* — контактные кольца, *6* и *11* — передний и задний подшипниковые щиты, *7* — станина статора, *8* — полюс генератора, *9* — обмотка статора, *10* — втулка ротора, *12* — вентилятор, *13* — роликоподшипник, *14* — вал, *15* — коробка выводов

между ротором и статором. Роликоподшипник 2 имеет бортики на внутреннем кольце, которое при разборке остается на валу вместе с роликами. Поэтому разъединительная линия проведена по внутреннему диаметру наружного кольца, которое при разборке остается в подшипниковом щите 3. Конструкция двигателя является симметричной относительно вертикальной оси, поэтому ротор может быть выведен в любую сторону. Однако при разборке необходимо сделать пометку, указывающую, что дощечка зажимов расположена справа, если смотреть со стороны выпущенного конца вала. Если при сборке вставить ротор с другой стороны статора, то дощечка зажимов окажется с левой стороны.

На рис. 9 показан чертеж синхронной машины СГ. Здесь разъединительная линия проведена иначе. У этой машины подшипники вставлены не в подшипниковые щиты, а в специальные детали, называемые капсулами. Разъединительная линия проведена по наружным диаметрам капсул, которые при разборке остаются на валу. Справа разъединительная линия проведена над вентилятором, а слева — над якорем возбудителя. Ротор может быть вынут только в правую сторону.

На рис. 10 показан чертеж машины постоянного тока П-41. Якорь машины вращается в двух шарикоподшипниках 5, которые при сборке остаются на валу, поэтому разъединительная линия проведена по наружным диаметрам шарикоподшипников. С правой стороны разъединительная линия проходит над вентилятором, а слева — над якорем и коллектором. Якорь можно вставить при сборке только с правой стороны.

Одной из самых ответственных операций разборки является вывод ротора из расточки статора. Для роторов массой более 30 кг пользоваться удлинительными трубами не рекомендуется, так как можно повредить шлифованную шейку вала. Выполнение этой операции значительно облегчает приспособление, показанное на рис. 11. Основными частями приспособления являются штанга 2, захватывающие губки 6, связанные шарнирами 4 с корпусом 3 подвески, и упорная штанга 5.

Благодаря шарнирной подвеске губки раскрываются и надеваются на сердечник ротора, конец вала которого упирается в дугу штанги. При подъеме штанги краном губки плотно охватывают сердечник ротора. Горизонтальное положение штанги обеспечивается противовесом 1,

Рис. 10. Машина постоянного тока П-41:

1 — вал, *2* — стопорная втулка, *3* — балансировочный диск, *4* и *20* — внутренние крышки подшипников, *5* — шарикоподшипник, *6* и *19* — наружные крышки подшипников, *7* и *18* — подшипниковые щиты, *8* — траверса щеткодержателей, *9* — дощечка зажимов, *10* — конденсатор, *11* — пластина коллектора, *12* — обмотка якоря, *13* — добавочный полюс, *14* — сердечник якоря, *15* — главный полюс, *16* — станина, *17* — вентилятор, *21* — обмоткодержатель

который передвигается по ней и уравновешивает ротор. При помощи этого приспособления вывод ротора из расточки статора может производить один рабочий, не затрачивая больших усилий.

Прежде чем вынуть ротор из расточки статора, необходимо отделить подшипниковые щиты от станины. Надо предупредить учащихся, что ни в коем случае нельзя

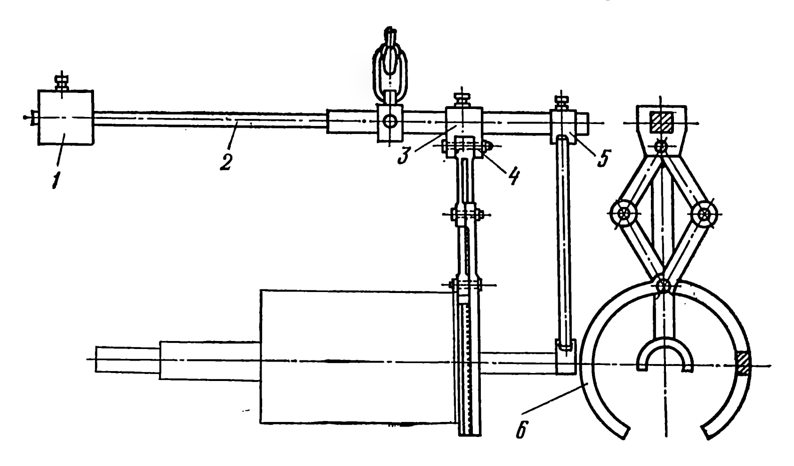


Рис. 11. Приспособление для вывода ротора из статора и ввода в него:

1 — противовес, *2* — штанга, *3* — корпус подвески, *4* — шарнир, *5* — упорная штанга, *6* — губка

сдвигать подшипниковый щит, вбивая клинья между его бортом и торцом станины, так как это неизбежно приведет к поломке щита.

В настоящее время все электрические машины разбирают, пользуясь отжимными болтами (рис. 12). Отжимные болты *2* следует ввертывать равномерно, чтобы избежать перекосов подшипниковых щитов. При отделении щита от станины ротор опускается на величину воздушного зазора, что может привести к повреждению магнитных сердечников. Поэтому надо поддерживать ротор за конец вала, чтобы он плавно опустился на расточку станины.

После отделения одного из подшипниковых щитов от станины ось ротора будет перекошена по отношению к оси статора (рис. 13). Это особенно опасно в машинах

с роликоподшипниками, так как на роликах и беговых дорожках колец могут образоваться вмятины и подшипник будет работать с ударами. Во избежание этого машины с роликоподшипниками для разборки и сборки устанавливают в вертикальное положение.

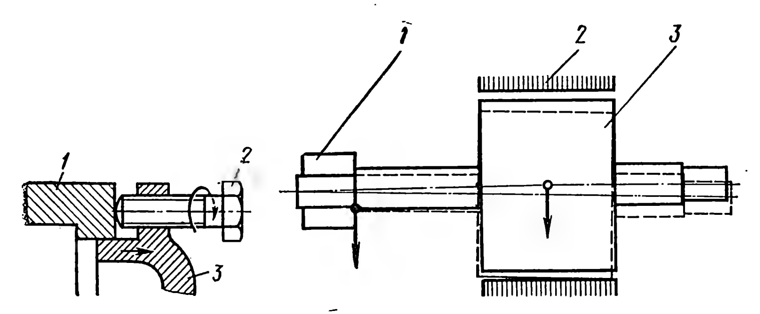


Рис. 12. Снятие подшипникового щита с помощью отжимных болтов:

1 — станина, 2 — отжимной болт, 3 — подшипниковый щит

Рис. 13. Перекос подшипников при разборке:

1 — подшипник, 2 — статор, 3 — ротор

При разборке электрических машин со щеткодержателями принимают меры предосторожности против повреждения щеточного аппарата при разборке. Для этого перед разборкой вынимают щетки из гнезд щеткодержателей, а если конструкция машины позволяет, то снимают предварительно щеткодержатели. В машинах постоянного тока перед разборкой отмечают положение траверсы щеткодержателей относительно подшипникового щита. Если при сборке после ремонта траверса будет сдвинута, то это приведет к сильному искрению под щетками при работе машины.

При съеме с вала вентилятора соблюдают меры предосторожности, чтобы не поломать его. Нельзя захватывать съемником за тонкий диск вентилятора. Обычно на втулке вентилятора имеются кольцевые канавки для захвата съемником или в торце втулки нарезаны отверстия, в которые ввинчивают шпильки съемника. Перед тем как снять вентилятор с вала, необходимо отметить его положение, так как установка вентилятора при сборке в другое положение приведет к нарушению балансировки ротора.

При разборке дощечки зажимов на контактные шпильки и присоединенные к ним выводы обмотки навешивают бирки, чтобы при сборке не нарушилась схема соединений.

При прохождении курса специальной технологии и производственном обучении в учебных мастерских профессионально-технического училища изучается конструкция и ремонт электрических машин мощностью до 100 кВт. В процессе прохождения производственной практики на базовом предприятии могут встретиться электрические машины большей мощности и более сложной конструкции. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 14 показан асинхронный двигатель АК защищенного исполнения 10-го габарита. Станина *10* — литая из чугуна; на ее ребра запрессован сердечник *11* статора с радиальными вентиляционными каналами *12*. В полуоткрытые пазы статора вложены катушки обмотки *8*, удерживаемой в пазах деревянными клиньями. В верхнем ребре станины предусмотрены приливы для ввертывания двух подъемных колец *9*.

Сердечник ротора насажен непосредственно на вал *1* и спрессован между двумя нажимными шайбами. Обмотка ротора — стержневая из медных шин. Стержни верхнего и нижнего слоев спаяны между собой при помощи хомутиков *7*. Часть хомутиков выполнена с вентиляционными лопатками *6*. Вентиляция двигателя — двусторонняя симметричная. Воздух засасывается через отверстия в нижней части обоих подшипниковых щитов *4*, направляется диффузорами *5* и проходит через лобовые части обмоток. В радиальные каналы ротора и статора воздух поступает через круглые осевые вентиляционные отверстия, выштампованные в листах ротора, и охлаждает сердечники и пазовые части обмоток.

Ротор вращается в двух подшипниках качения: роликовом *3* со стороны привода и шариковом *15* со стороны контактных колец. Подшипники закрыты крышками *2* и *16*. Наружные размеры подшипников одинаковые, благодаря чему достигается унификация подшипниковых щитов. Роликовый подшипник со стороны привода установлен потому, что он может выдерживать бо́льшую нагрузку, чем шариковый с такими же наружными размерами. К станине подшипниковые щиты привернуты болтами *13*.

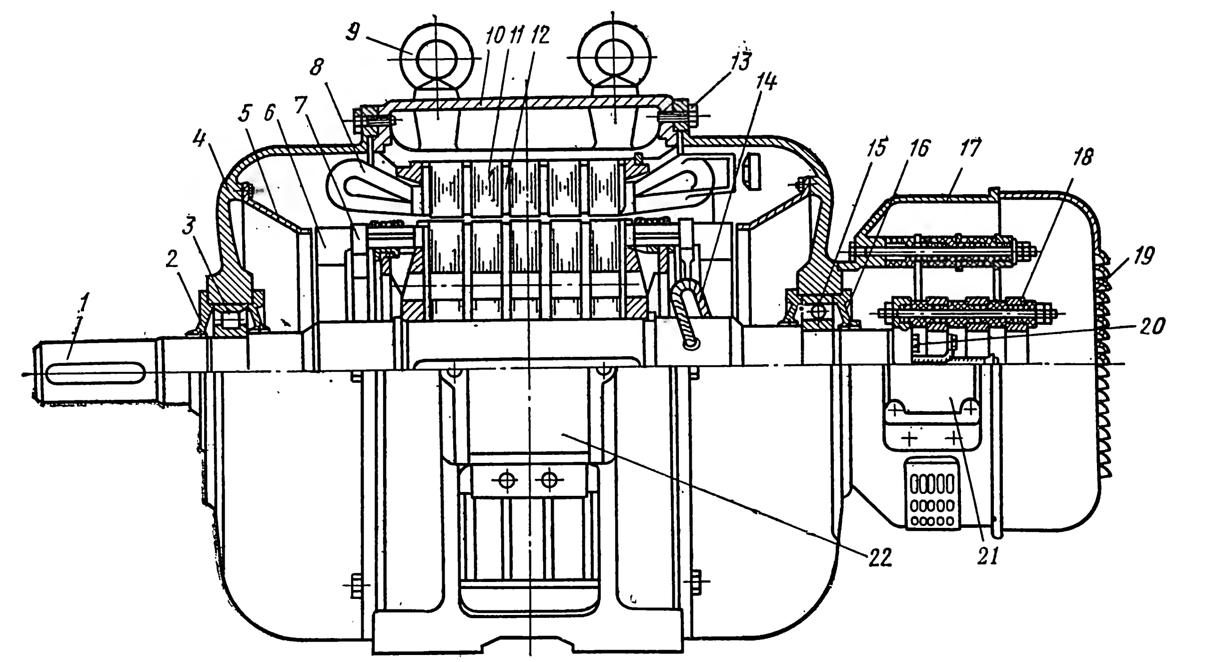


Рис. 14. Асинхронный двигатель АК защищенного исполнения 10-го габарита:

1 — вал, *2* и *16* — наружные крышки подшипников, *3* — роликоподшипник, *4* — подшипниковый щит, *5* — диффузор для направления воздуха, *6* — лопатка вентилятора, *7* — хомутик, *8* — обмотка статора, *9* — подъемное кольцо, *10* — станина, *11* — сердечник статора, *12* — вентиляционный канал, *13* и *20* — болты, *14* — выводы обмотки ротора, *15* — шарикоподшипник, *17* — коробка, *18* — контактные кольца, *19* — колпак контактных колец, *21* — коробка зажимов ротора, *22* — коробка зажимов статора

У этого двигателя применена новая конструкция контактных колец *18*. Они не насажены на изолированную миканитом втулку, а собраны на шпильках и изолированы от них и между собой изоляционными втулками. Комплект контактных колец укреплен на валу болтами *20*. Выводы *14* обмотки ротора выполнены проводами, протянутыми к кольцам через отверстие в центре вала. При такой конструкции контактных колец укорачивается вал, не нужны втулка и миканитовая изоляция колец и улучшается охлаждение вследствие омывания воздухом их внутренней и торцовых поверхностей. Кольца расположены в коробке *17*, в которой укреплена ось щеткодержателей, и закрыты колпаком *19* с жалюзями, через которые засасывается охлаждающий воздух. Для соединения двигателя с сетью и пусковым реостатом служат зажимы в коробках *22* и *21* статора и ротора.

Процесс разборки двигателя состоит из следующих операций.

Отпирают замки и снимают колпак *19*.

Отвинчивают болты *20* и снимают комплект контактных колец *18* с конца вала.

Отвинчивают болты и снимают коробку *17* со щеткодержателями.

Отвинчивают болты и снимают крышки *2* и *16* подшипников.

Отвинчивают болты *13* со стороны шарикоподшипника, при помощи отжимных болтов отсоединяют подшипниковый щит от станины и сдвигают его с подшипника.

Отвинчивают болты *13* со стороны роликоподшипника, при помощи отжимных болтов отсоединяют подшипниковый щит от станины и сдвигают его с роликов вместе с наружным кольцом подшипника.

Выводят ротор из расточки статора.

На рис. 15 показан синхронный двигатель СД 10-го габарита. Сердечник *2* статора собран из штампованных листов электротехнической стали и запрессован в чугунную станину *1* между двумя нажимными шайбами. В открытые пазы статора вложены катушки обмотки *9*. Выводы обмотки статора подведены к коробке *18*.

Машина имеет ротор с явновыраженными полюсами *4*, собранными из штампованных листов. На полюса

надеты катушки возбуждения *5*, намотанные из медной шины. В полюсных наконечниках выштампованы круглые отверстия, в которые вставлены стержни *3* пусковой обмотки. Полюса крепятся на втулке *17* ротора с помощью Т-образных выступов и клиньев *16*. Выводные концы обмотки возбуждения через центральное отверстие в валу подведены к двум контактным кольцам *14*. Над кольцами на изолированных пальцах *13* укреплены щеткодержатели, закрытые колпаком *15* с жалюзями для подвода охлаждающего воздуха.

Ротор вращается в двух подшипниках качения: шариковом *12* со стороны контактных колец и роликовом *6* со стороны привода. Наружные кольца подшипников вставлены в расточки подшипниковых щитов *8*. Для охлаждения двигателя служит вентилятор *7*. Возбудителем *10* служит машина постоянного тока, которая установлена на шпильках, ввернутых в приливы станины. Валы двигателя и возбудителя соединены клиноременной передачей *11*.

Процесс разборки двигателя СД производят в такой последовательности.

Отвинчивают и снимают защитный кожух клиноременной передачи *11*, ослабляют натяжение ремней и снимают их со шкивов.

Отвинчивают шпильки, крепящие возбудитель *10*, и снимают его со станины *1* двигателя.

Снимают колпак *15* и поднимают щетки из гнезд щеткодержателей.

Отвинчивают и снимают пальцы вместе со щеткодержателями.

Отсоединяют контактные кольца *14* от выводов обмотки ротора и снимают их с вала.

Снимают шкив клиноременной передачи с вала двигателя.

Отвинчивают болты, крепящие подшипниковые щиты *8* к станине, отделяют от нее щиты и снимают их с подшипников.

Выводят ротор из расточки статора в сторону привода.

Дальнейшая разборка статора и ротора производится при необходимости ремонта магнитных сердечников или обмоток.

Трудность монтажа крановых электродвигателей заключается в том, что он должен произво-

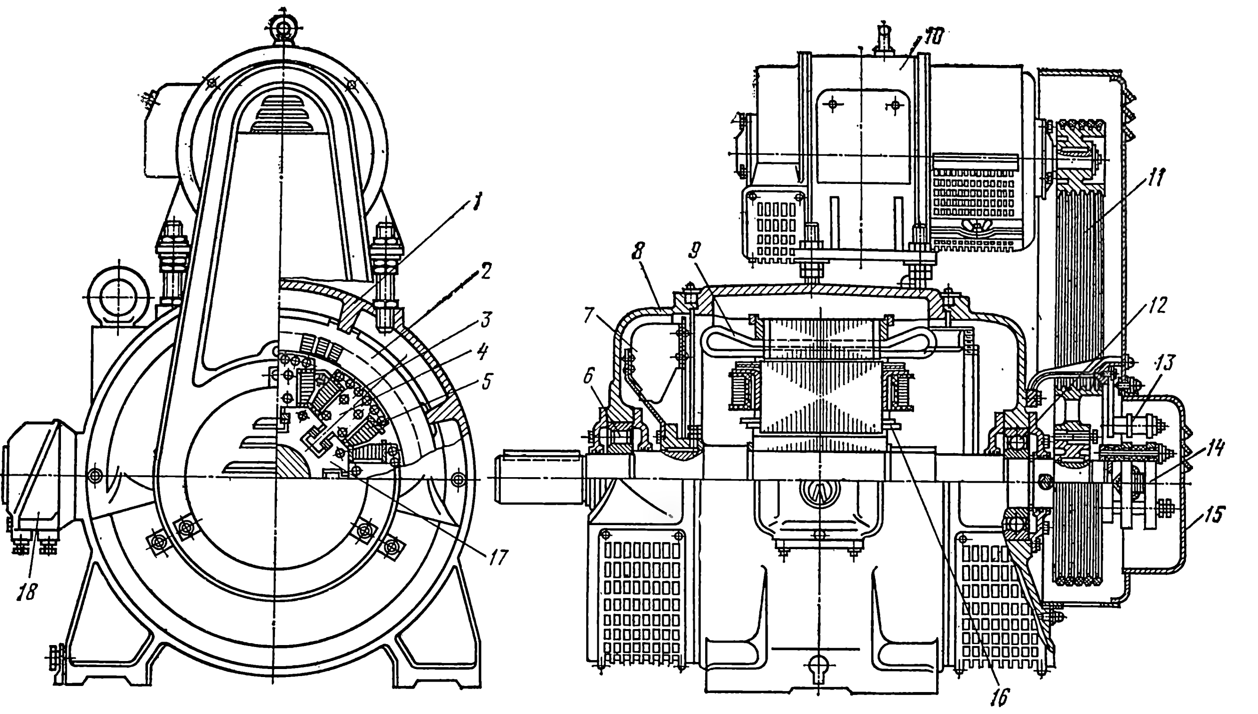


Рис. 15. Синхронный двигатель СД 10-го габарита:

1 — станина, *2* — сердечник статора, *3* — стержень пусковой обмотки, *4* — полюс ротора, *5* — катушка возбуждения полюса, *6* — роликоподшипник, *7* — вентилятор, *8* — подшипниковый щит, *9* — обмотка статора, *10* — возбудитель, *11* — клиноременная передача, *12* — шарикоподшипник, *13* — палец щеткодержателей, *14* — контактные кольца, *15* — колпак контактных колец, *16* — клин, *17* — втулка ротора, *18* — коробка выводов

диться на большой высоте и в неудобном положении, поэтому желательно ремонтировать их как можно реже, а значит они должны быть очень надежными и прочными. Однако в процессе работы в двигателе могут возникнуть мелкие неполадки, которые необходимо устранить на месте его установки. Это важно потому, что на отсоединение двигателя от механизма и сети, спуск, разборку, сборку, подъем, монтаж уйдет больше времени, чем на устранение неполадок на месте. Однако вывести якорь из станины на ферме крана было бы очень трудно, поэтому мощные крановые двигатели постоянного тока делают с разъемным корпусом.

Сердечник якоря спрессован между двумя стальными нажимными шайбами *15* и *16* (рис. 16). Одна шайба упирается в бортик вала, а другая сидит на валу с прессовой посадкой. В нее упирается втулка *17* коллектора, чтобы предохранить шайбу от сдвига вдоль вала. В пазы якоря вложены катушки обмотки, которые удерживаются в них проволочными бандажами. Лобовые части обмотки опираются на обмоткодержатели и сверху закрыты парусиновыми чехлами, а ее выводные концы впаяны в выступы коллекторных пластин. Таким образом, на поверхности якоря не остается никаких каналов для проникновения влаги и пыли в его обмотку, что повышает ее надежность. Коллекторные пластины стянуты длинными болтами *20*, у которых средняя часть утоньшена проточкой. Это сделано для того, чтобы при нагревании коллектора пластины могли удлиняться за счет удлинения болтов.

Якорь вращается в двух роликоподшипниках *4* одинакового типа и размеров, что позволяет унифицировать подшипниковые щиты и крышки подшипников. Как видно из рисунка, внутренние кольца роликоподшипников сдвинуты по отношению к наружным кольцам в сторону двигателя. Это позволяет валу удлиняться при нагревании и предохраняет подшипники от заедания. Из-за этих сдвигов якорь имеет осевую игру, равную сумме сдвигов подшипников.

Камеры подшипников снабжены уплотнениями в виде кольцевых канавок, заполненных консистентной смазкой. Уплотнения со стороны якоря сделаны на втулках *1*, а не на валу. Благодаря этому можно сдвигать подшипниковые щиты *5* вместе с наружными кольцами

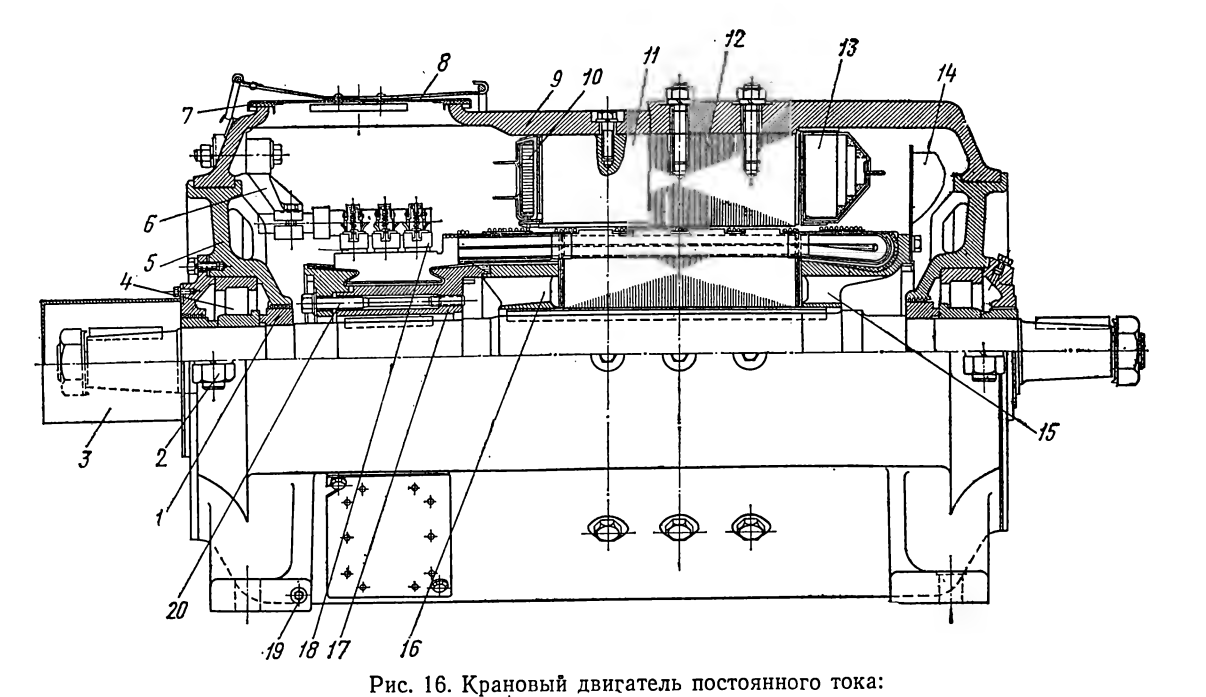


Рис. 16. Крановый двигатель постоянного тока:

1 — втулка, *2* — болт, скрепляющий половины корпуса, *3* — колпак конца вала, *4* — роликоподшипник, *5* — подшипниковый щит, *6* — траверса щеткодержателей, *7* — уплотнительная прокладка, *8* — крышка коллекторного люка, *9* — верхняя половина станины, *10* — катушка дополнительного полюса, *11* — сердечник дополнительного полюса, *12* — сердечник главного полюса, *13* — катушка главного полюса, *14* — вентилятор, *15* и *16* — нажимные шайбы якоря, *17* — втулка коллектора, *18* — щеткодержатель, *19* — болт заземления корпуса, *20* — болт коллектора

подшипников и роликами с вала, оставляя на нем внутренние кольца.

Над коллектором установлены щеткодержатели *18*, закрепленные на щеточных пальцах, концы которых зажаты в хомутиках траверсы *6*. Для обслуживания щеткодержателей в станине сделаны люки, закрытые крышками *8* с уплотнительными прокладками *7*. Крышки имеют пружинные запоры.

В верхней части рисунка помещены разрезы в двух плоскостях. Слева показан разрез станины через сердечник *11* дополнительного полюса, на который надета катушка *10*, намотанная из медной шины на ребро. Каждый полюс крепится к станине тремя болтами. Справа показан разрез через сердечник *12* главного полюса, набранный из штампованных листов стали. Катушки *13* главных полюсов намотаны ступенчатыми, чтобы лучше использовать внутреннее пространство в промежутках между полюсами. К нажимной шайбе привинчен вентилятор *14*, перемешивающий воздух внутри двигателя и отводящий тепло от более нагретых частей к стенкам станины.

Крановые двигатели выпускают только в закрытом исполнении, чтобы избежать засорения обмоток. Двигатели изготовляют с двумя выпущенными концами вала для двустороннего соединения с приводными механизмами и тормозами. Если один конец вала не используют, то его закрывают колпаком *3*, чтобы защитить обслуживающий персонал от захвата вращающимся концом вала. Половины разъемного корпуса скреплены болтами *2*. Болт *19* служит для заземления двигателя.

Если нельзя устранить неисправность двигателя на месте установки, его снимают и отправляют в ремонтный цех.

Процесс разборки двигателя состоит из следующих операций.

Отвертывают гайки на болтах *2*, стягивающих половины корпуса станины.

Отвертывают болты и снимают колпак *3*.

Отпирают замки и открывают крышки *8* коллекторных люков.

Вынимают щетки из гнезд щеткодержателей *18*.

Поднимают верхнюю половину *9* станины электроталью.

Стропят якорь за концы вала и поднимают его

вместе с подшипниковыми щитами *5* и роликоподшипниками *4*.

Дальнейшая разборка двигателя определяется характером ремонта.

Контрольные вопросы

1. Какие преимущества дает серийное производство электрических машин?
2. В чем заключается план разборки электрической машины?
3. Как надо обращаться с деталями машины при разборке?
4. Расскажите о порядке разборки асинхронного двигателя серии АК 10-го габарита?
5. В каком порядке производится разборка синхронного двигателя СД 10-го габарита?
6. В каких условиях работают крановые двигатели?
7. Какие достоинства имеют двигатели с разъемными станинами?
8. В каком порядке производится разборка кранового двигателя с разъемной станиной?

Упражнения

В целях лучшего освоения процессов разборки различных электрических машин следует поручить учащимся составить технологические процессы разборки, пользуясь продольными разрезами машин на рисунках учебника по спецтехнологии «Электрослесарь по ремонту электрических машин» Н. В. Виноградова.

1. Составить технологические процессы разборки асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (рис. 5, 6, 7, 8 и 9).
2. Составить технологические процессы разборки асинхронного двигателя с фазным ротором (рис. 4).
3. Составить технологический процесс разборки синхронного генератора (рис. 11).
4. Составить технологический процесс разборки машин постоянного тока (рис. 13 и 14).

Комплексные работы

Заключительным этапом темы «Разборка электрических машин» являются комплексные работы. Им предшествуют тренировочные упражнения, которые заключаются в выполнении следующих операций.

Отсоединение двигателя от сети.
Снятие колпака контактных колец.
Снятие контактных колец с вала.
Разборка дощечки зажимов.
Отделение подшипниковых щитов от станины.
Снятие вентилятора с конца вала.
Вывод ротора из расточки статора.

В качестве комплексных работ могут быть использованы следующие:

1. Разборка электродвигателей единой серии с короткозамкнутым ротором типов А2 и АО2 3, 4, 5 и 6-го габаритов (работа выполняется одним учеником).

2. Разборка электродвигателей единой серии с короткозамкнутым ротором типов А2 и АО2 7, 8 и 9-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).

3. Разборка электродвигателей единой серии с фазным ротором типов АК2 (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).

4. Разборка синхронных машин с возбудителем (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).

5. Разборка машин постоянного тока типа П 2, 3, 4 и 5-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).

6. Разборка машин постоянного тока единой серии типа П 6, 7, 8 и 9-го габаритов (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

РЕМОНТ ШИХТОВАННЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

Прохождение этой темы производственного обучения начинают со следующих тренировочных упражнений: снятие заусенцев со штампованных листов на гратосъемочном станке; лакировка листов сердечников типографским валиком; обработка пазов напильниками; работа на станке по ориентировке листов по канавкам; работа на дорновочном станке по обработке пазов; проверка плотности прессовки сердечника ножом.

После этого можно переходить к следующим операциям среднего и капитального ремонта сердечников:

устранение ослабления прессовки листов при помощи клиньев;

устранение веера зубцов;

разборка и сборка сердечников с радиальными каналами;

испытание сердечников на нагрев после ремонта.

Средний ремонт сердечников

Перед началом работ по ремонту сердечников необходимо обратить внимание учащихся на то, что в процессе разборки и ремонта с сердечниками надо обращаться осторожно, чтобы не погнуть зубцы и не повредить обмотки. При подъеме сердечников краном между ними и стропами надо вкладывать деревянные прокладки.

Всякий магнитный сердечник сохраняет в себе остаточный магнетизм, поэтому он притягивает к себе стальные стружки, которые, попадая в обмотки, вызывают пробой изоляции. Во избежание этого перед ра-

ботами по ремонту сердечников обдувают верстак струей сжатого воздуха. Рекомендуется подложить под сердечники на верстак лист картона.

Средний ремонт сердечников заключается в устранении следующих неисправностей, которые можно устранить без выемки из пазов обмоток: частичное ослабление прессовки листов; распушение крайних листов; нарушение антикоррозионного покрытия поверх-

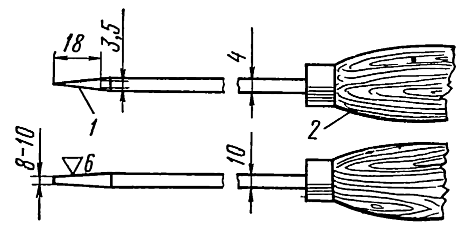


Рис. 17. Нож для проверки плотности прессовки сердечников:
1 — лезвие, *2* — ручка

ности сердечника, обращенной к воздушному зазору; небольшое повреждение поверхности сердечника вследствие задевания ротора за статор или при транспортировке.

Плотность прессовки листов сердечников проверяют, вдвигая специальный нож (рис. 17) между листами. Он представляет собой стальное термически обработанное лезвие *1* с гладкими боковыми сторонами, насаженное на деревянную ручку *2*. Плотность прессовки считают достаточной, если лезвие входит между листами не более чем на 3 мм. Этот способ не является достаточно объективным и зависит от приемов работы, поэтому необходимо научить каждого учащегося пользоваться ножом для проверки плотности прессовки листов сердечников. Контролируют прессовку в каждом зубце сердечника, а с наружной стороны статора — в доступных местах.

Если прессовка ослаблена только в отдельных местах, забивают в них распорные клинья из текстолита (рис. 18, *а*) со стороны пазов и с наружной стороны статора (рис. 18, *б*). Чтобы клинья не выскакивали, их смазывают клеем БФ-2. Если же прессовка ослаблена во всем сердечнике, он нуждается в капитальном ремонте с выемкой обмотки из пазов.

Распушение крайних листов сердечника статора, известное под названием «веера» зубцов (рис. 19), является очень опасным, так как отогнувшиеся зубцы почти всегда прорезают изоляцию обмотки. Необходимо обратить внимание учащихся на это. В процессе среднего ремонта веер зубцов устраняют, забивая между зубцами и нажимными шайбами с каждой стороны сердечника текстолитовые клинья, смазанные клеем БФ-2.

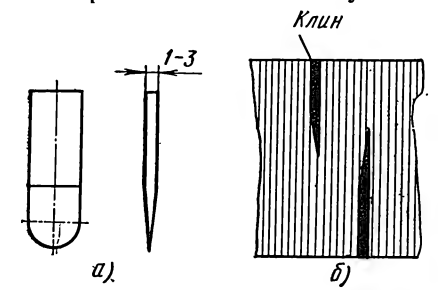


Рис. 18. Распорные текстолитовые клинья:
а — форма клина, *б* — клинья, забитые в сердечник

В целях защиты от коррозии поверхности сердечников покрывают асфальтовым лаком. С течением времени вследствие попеременных нагревов и охлаждений, а также действия воздушной струи антикоррозионные покрытия нарушаются, поверхность сердечника обнажается и частично покрывается коррозией. Коррозию счищают мелкозернистой шкуркой и вновь покрывают поверхность сердечника покровным лаком или электроэмалью. При выполнении этой операции надо научить учащихся пользоваться пистолетом-распылителем (см. рис. 6).

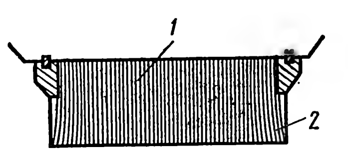


Рис. 19. Распушение крайних листов:
1 — сердечник статора, *2* — отогнувшиеся крайние листы

При обнаружении небольших повреждений поверхности сердечника выпрямляют зубилом погнутые зубцы и зачищают место повреждения шкуркой, а затем покрывают электроэмалью при помощи кисти.

В процессе ремонта сердечников необходимо обратить внимание учащихся на устройство и состояние их вентиляции. В машинах мощностью 5 — 100 кВт имеются только осевые вентиляционные каналы в роторе, образованные путем штамповки вентиляционных отверстий в листах. Обычно в вентиляционных каналах оседает пыль, в результате чего условия охлаждения ротора

ухудшаются. Поэтому каналы продувают сжатым воздухом. При этом продувают и лобовые части обмоток. Прежде чем направить струю воздуха на детали электродвигателя, убеждаются, что он чист и не содержит воду или масло. Для уменьшения запыления помещения, где производится продувка, надо иметь передвижную пылеотсасывающую установку, состоящую из вентилятора и фильтра. Засасывающий шланг вентилятора присоединяют к корпусу электродвигателя в местах, предназначенных для забора или выброса воздуха.

Пыль в машине вредна еще и тем, что, перемещаясь внутри машины с большой скоростью, она истирает наружные слои изоляции, нарушает влагостойкие лаковые покрытия и снижает влагостойкость и электрическую прочность изоляции. Особенно вредна грязь, образовавшаяся от смешивания пыли с маслом. Масло, попав на обмотку, разъедает изоляцию и резко снижает ее электрическую прочность.

Контрольные вопросы

1. Как предохранить сердечник от попадания в него стальных опилок и стружек?
2. В чем заключается средний ремонт сердечников?
3. Как проверяют плотность прессовки листов?
4. Как устраняют распушение зубцов?
5. Почему необходимо удалять из двигателя пыль и грязь?
6. Из чего состоит пылеотсасывающая установка?

Капитальный ремонт сердечников

Капитальный ремонт сердечников производят только для крупных электрических машин, так как у машин малой мощности нельзя вынуть из пазов обмотку, не повредив ее, а капитальный ремонт обмотки обходится дороже стоимости сердечника.

К капитальному ремонту сердечников статора прибегают при ослаблении прессовки листов или нарушении их изоляции. До начала ремонта вынимают из пазов обмотку, предварительно нагрев ее до 80—90° С, чтобы изоляция катушек сделалась эластичной. Обычно сердечники статора крупной машины состоят из отдельных пакетов с вентиляционными каналами между ними. Плотность прессовки восстанавливают, ввертывая в нажимную плиту болты, которые своими концами упираются в ребра жесткости сердечника.

В случае нарушения изоляции листов пакеты выпрессовывают из станины и разбирают на отдельные листы. Делают это осторожно, чтобы листы не покоробились. Затем листы сердечника тщательно очищают от старой изоляции и окислов химическим или механическим способом. Более простым в ремонтных условиях является механический способ очистки при помощи пескоструйной обработки. Можно также очищать листы быстровращающимся щеточным барабаном со щетками из тонкой стальной проволоки или кардоленты.

Очищенные от старой изоляции листы лакируют при помощи типографского валика, погружая его в лак и прокатывая им положенный на стол лист сердечника. После подсушки на воздухе покрытые лаком листы сушат в печи при 200—250° С в течение 25—30 мин. Толщина пленки лака с каждой стороны листа должна быть в пределах 0,015—0,02 мм. Если после первого покрытия толщина лаковой пленки получается недостаточной, после высыхания лака производят второе покрытие.

По окончании лакировки листов приступают к сборке сердечника. Перед началом сборки надо объяснить учащимся, что это сложная операция и допущенные ошибки могут привести машину в негодность. В процессе сборки нельзя переворачивать листы, иначе зубцы будут сдвинуты и выступающие в пазы листы повредят изоляцию. По этой же причине нельзя сдвигать листы по окружности. Правильное положение листов при сборке определяется одной или двумя канавками на наружной поверхности статора. Эти канавки во всех листах должны совпадать.

Наиболее трудной операцией является шихтовка листов статора, представляющих собой кольца и обладающих меньшей жесткостью, чем листы ротора. Механическую шихтовку удалось реализовать лишь после того, как на наружной поверхности листов стали штамповать выступ. Станок для шихтовки (рис. 20) имеет головки *2*, вращаемые от электродвигателя через клиноременную передачу *4*, на которые набрасывают шихтуемые листы статора. Попадая на головку, лист задерживается выступом на рамке *3*, а затем падает вниз и нанизывается на неподвижный стакан *1*. Таким образом листы шихтуются, заполняя стакан до уровня рамки. Станок — двухместный и установлен непосред-

ственно у станка для зачистки заусенцев. После зачистки лист с ленты транспортера по направляющему желобу подается на вращающуюся головку шихтовочного станка. Таким образом создается автоматическая поточная линия шихтовки и зачистки листов.

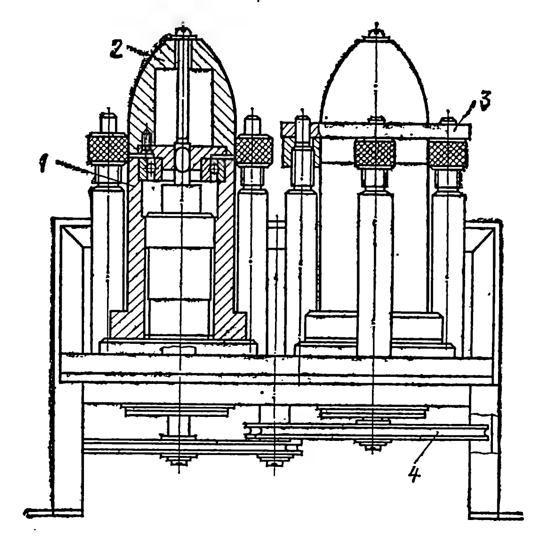


Рис. 20. Станок для шихтовки листов статора:
1 — неподвижный стакан, *2* — вращающиеся головки, *3* — рамка, *4* — клиноременная передача

При сборке сердечника статора необходимо точно выдерживать толщину отдельных пакетов, иначе вентиляционные каналы статора будут сдвинуты по отношению к каналам ротора и вентиляция машины ухудшится.

Распушения зубцов в сердечниках крупных машин не бывает, так как зубцы упираются в нажимные пальцы крайних листов. По окончании сборки и прессовки сердечника пазы приходится прочищать. Опиливание стенок пазов вручную занимает много времени, поэтому для прочистки пазов применяют станки.

Типичная конструкция станка для протяжки пазов ротора показана на рис. 21. Основными его частями являются оправка *5* для закрепления дорна *3* и стойки *1* для установки ротора *2*. Электродвигатель через редуктор вращает шестизаходный винт, который сооб-

щает поступательное движение гайке по направляющим станины.

При включении станка дорн протягивается через паз. Когда дорн выйдет из паза, станок останавливают, стол поворачивают вместе с ротором на одно пазовое деление и снова включают станок. Дорн представляет собой клинообразный стержень из инструментальной

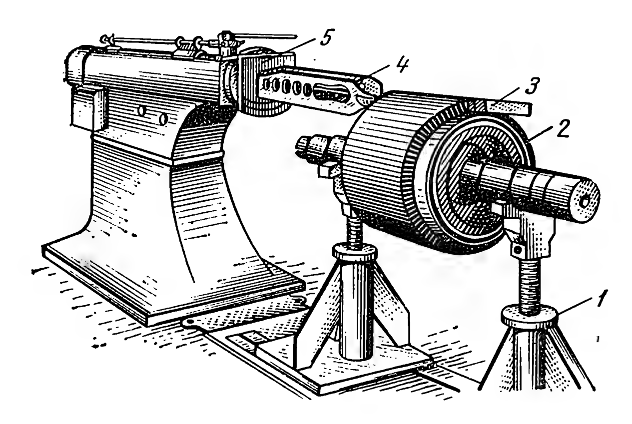


Рис. 21. Станок для протяжки пазов ротора:
1 — стойка, 2 — ротор, 3 — дорн, 4 — упор, 5 — оправка

стали, форма и поперечное сечение которого соответствуют пазу сердечника. На дорне нарезаны режущие зубья. Дорн входит в паз тонкой стороной и, проходя через него, снимает выступы на его стенках. Последние четыре зубца дорна являются калибрующими и придают пазу окончательные размеры, одинаковые по всей длине сердечника. Чтобы дорн не выпадал из паза ротора, зубья дорна сделаны наклонными, поэтому усилие резания прижимает его к дну паза.

После ремонта сердечник испытывают на нагрев. Для этого на статор наматывают несколько витков гибкого кабеля, через которые пропускают переменный ток большой силы. В статоре создается магнитный поток, и потери в стали нагревают сердечник. Если повреждение устранено не полностью и остались замкнутые между собой листы, нагрев будет неравномерным: поврежденные места нагреваются сильнее. Нагрев контролируют термометрами сопротивления, установленными

равномерно по расточке статора. Кроме того, нагрев обязательно контролируют в местах, подвергшихся ремонту.

Сердечники ротора асинхронных двигателей очень редко ремонтируют, так как они пронизываются переменным потоком низкой частоты и даже при замыкании листов не нагреваются.

Контрольные вопросы

1. Почему капитальный ремонт сердечников производят только для крупных машин?
2. В каких случаях производят капитальный ремонт сердечников?
3. Как разбирают ремонтируемые сердечники?
4. Какими способами очищают листы от старой изоляции?
5. Как лакируют листы?
6. Как прочищают пазы на станке?
7. Каким способом проверяют качество ремонта?

РЕМОНТ ОБМОТОК

Приступая к прохождению этой темы, мастер производственного обучения проверяет, достаточно ли учащиеся подготовлены на уроках по материаловедению, электротехнике и специальной технологии. Во вводной беседе необходимо обратить внимание учащихся на специфические особенности обмоточных работ, коренным образом отличающие их от технологии ремонта механических частей электрических машин. Элементы обмоток состоят из медных или алюминиевых проводов и изоляционных материалов, которые обладают различными свойствами. Они очень чувствительны к сильным механическим усилиям, нагреву, действию кислот и щелочей. Об объеме обмоточных работ при ремонте электрических машин можно судить по тому, что из всех поступающих в ремонт электрических машин 70% нуждаются в ремонте обмоток.

Характер ремонта обмотки определяется не только видом неисправности, но и конструкцией обмотки. Например, при полюсных катушках или концентрических однослойных обмотках неисправную катушку или всю катушечную группу заменяют новой, вынув старую из пазов. При двухслойных обмотках для замены неисправной катушки необходимо вынуть из пазов число катушек, равное шагу обмотки по пазам, иначе нельзя

вынуть неисправную катушку. При выемке неисправной катушки из пазов могут быть повреждены и другие катушки, поэтому часто вместо одной катушки приходится заменять несколько катушек.

У машин малой мощности, у которых обмотка выполнена из тонкого провода и пропитана, редко удается произвести ее частичный ремонт, так как провода склеены пропиточным лаком и вынуть катушки из пазов можно, только разрезав их лобовые части на одной стороне статора. Поэтому приходится заменять всю обмотку.

Прежде чем приступить к выполнению обмоточных работ, учащиеся должны пройти тренировочные упражнения для вырабатывания навыков и умений. Цель этих упражнений такая же, как занятия по слесарному делу перед выполнением ремонта механических частей. Упражнения делятся на ознакомительные по изучению новых для учащихся изоляционных материалов и тренировочные по выполнению отдельных изолировочных операций.

Для ознакомительных упражнений необходим набор кусочков изоляционных материалов в коробочках или прикрепленных к листу. Сначала учащиеся называют марку показанного им изоляционного материала, а затем отыскивают его в наборе. В процессе тренировочных упражнений учащиеся оплетают лентами кусочки провода, пучок проводов, катушку обмотки с разной степенью перекрытия слоев ленты. В наборе кусочков обмоточных проводов учащиеся должны научиться находить требуемую марку провода. В процессе упражнений учащиеся измеряют толщину изоляционных материалов и диаметры голых и изолированных проводов микрометром.

После этого приступают к упражнению по гибке медных шин плашмя и на ребро в простейших гибочных приспособлениях. При гибке на ребро наблюдают искажения сечения шины и способы снятия утолщений на ее внутреннем радиусе.

Учащиеся зачищают изоляцию обмоточных проводов, после чего производят пайку и сварку соединений медных и алюминиевых проводов. Пайку выполняют мягкими и твердыми припоями. При выполнении этих упражнений знакомятся с устройством паяльников, сварочного оборудования и приспособлений для контактной пайки.

Подготовка обмоток к ремонту

В процессе прохождения этой темы производственного обучения учащиеся принимают участие в технологических операциях по ремонту электрических машин. Они выполняют отдельные операции по текущему, среднему и капитальному ремонтам (проверяют качество контактов в коробке зажимов, пайки обмотки с коллекторными пластинами, исправность бандажей; разбирают обмотки и вынимают их из пазов; устраняют межвитковые замыкания и соединение обмотки с корпусом; заменяют неисправные катушки).

Учащиеся должны полностью освоить процесс измерения сопротивления изоляции при помощи мегомметра, изучить его устройство и правила обращения с ним.

При оценке успеваемости по этой теме мастер должен проверить не только знания учащихся по контрольным вопросам, но и полученные навыки по выполнению ремонтных операций, а также умение пользоваться измерительными приборами.

При ремонте электрических машин чаще всего приходится ремонтировать изоляцию обмоток. С течением времени происходит старение изоляции, в результате чего ее электрические и механические свойства ухудшаются и может произойти замыкание между витками одной катушки, между проводами разных катушек и соединение проводов обмотки с корпусом машины. Трудность нахождения и способы устранения неисправности зависят от ее вида.

Медные провода обмотки повреждаются гораздо реже, чем нарушается изоляция. Обрываются тонкие провода, распаиваются соединения проводов обмотки или провода отпаиваются от коллектора и от отводов. Возможно перегорание проводов обмотки в результате короткого замыкания. В этом случае в проводах начинают протекать большие токи и они расплавляются под действием выделяемого в них тепла или электрической дуги.

Поддержание обмоток в работоспособном состоянии, устранение обнаруженных неисправностей и восстановление вышедших из строя обмоток входит в систему планово-предупредительного ремонта, состоящего из следующих мероприятий: текущий (малый) ремонт, средний ремонт и капитальный ремонт обмоток.

При текущем ремонте обмоток, который, как правило, производится без разборки машины, устраняют мелкие неполадки и устанавливают, нуждается ли обмотка в ремонте. Проверяют качество контактов в коробке зажимов и не нагрелись ли они, исправность проволочных бандажей на лобовых частях обмотки ротора, прочность крепления лобовых частей обмотки статора, качество припайки концов обмотки якоря к пластинам коллектора или петушкам, измеряют сопротивление изоляции обмотки по отношению к корпусу.

Средний ремонт обмотки производится по заранее установленному графику в период остановки машины. В процессе среднего ремонта машину разбирают, производят сушку и пропитку обмоток, лакировку наружных поверхностей ротора и статора, покрытие электроэмалью миканитовых манжет коллектора и лобовых частей обмотки ротора. Устраняют все обнаруженные неисправности, пропаивают нарушенные контакты, устраняют межвитковые замыкания в обмотках и замыкания на корпус. При частичном или полном старении изоляции заменяют катушки или перематывают всю обмотку.

Капитальный ремонт обмоток заключается в полной перемотке статора или ротора, замене коллектора или контактных колец. При капитальном ремонте машин старых типов часто модернизируют их обмотки. Например, заменяют концентрические однослойные обмотки статора двухслойными с укороченным шагом, что способствует повышению эксплуатационных свойств электрических машин трехфазного тока; заменяют изоляцию обмоток другой с более высокой нагревостойкостью, что повышает надежность работы машины.

Подготовка машины к ремонту обмоток заключается в своевременной подготовке обмоточных проводов, изоляционных, пропиточных и вспомогательных материалов. Перечень материалов, необходимых для ремонта обмоток, вносят в эксплуатационную документацию электрической машины. Внедрение в производство единых серий электрических машин значительно упростило подготовку их к ремонту. Ремонтные заводы имеют не только требуемые для ремонта обмоток материалы, но и готовые элементы обмоток, полученные с завода-изготовителя или заранее изготовленные на самом ремонтном предприятии. Это позволяет намного ускорить процесс ремонта и повысить его качество.

Для определения замыканий между витками одной катушки обмотки или проводами разных фаз пользуются специальными приборами. Контроль обмоток всех типов машин значительно усовершенствован использованием электронных аппаратов СМ и ЕЛ. Аварийность электрических машин можно значительно снизить, если

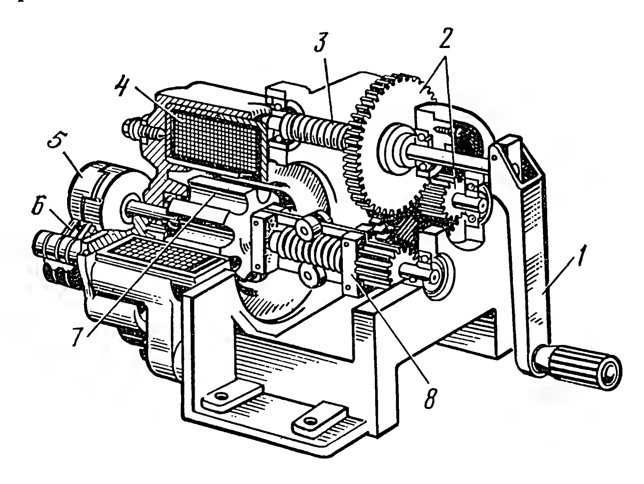


Рис. 22. Мегомметр.

1 — ручка, *2* — шестерни, *3* — пружина, *4* — катушка, *5* — пластина коллектора, *6* — щетка, *7* — якорь, *8* — центробежный регулятор

периодически в процессе эксплуатации и после капитального ремонта проверять состояние изоляции, измеряя ее сопротивление специальными приборами — мегомметрами.

Мегомметр представляет собой переносный прибор, состоящий из генератора постоянного тока и измерительной схемы, заключенных в общем пластмассовом корпусе. На рис. 22 показано устройство мегомметра наиболее распространенного типа М1101. Вращение ручки *1* по часовой стрелке передается через две пары зубчатых шестерен *2* якорю *7* генератора, представляющему собой восьмиполюсный постоянный магнит. Пружина *3* служит для расцепления механизма при вращении ручки против часовой стрелки. Вокруг магнита расположена цилиндрическая многовитковая катушка, намотанная из тонкого провода. Катушка заключена в тонко-

стенный магнитопровод, наконечники которого загнуты внутрь нее. Через наконечники и магнитопровод замыкается магнитный поток, создаваемый полюсами якоря.

При вращении якоря в катушке *4* создается переменное напряжение. Концы обмотки присоединены к пластинам *5* коллектора, выпрямляющего переменный ток. По коллектору скользят щетки *6*, от которых ток передается к рамкам измерителя через систему сопротивлений. На одной оси с рамками укреплена стрелка, угол отклонения которой зависит от величины измеряемого сопротивления. Шкала прибора градуируется в мегомах и килоомах. Переключение пределов измерения производится поворотом ручки на крышке прибора. Напряжение генератора влияет на показания прибора и зависит от скорости вращения якоря, которая поддерживается постоянной центробежным регулятором *8*. Если вращать ручку прибора со скоростью, большей номинальной, то грузики под действием центробежной силы расходятся и отцепляют якорь генератора от привода. Вращая рукоятку привода со скоростью 120 об/мин, определяют по шкале величину сопротивления.

Обмотку присоединяют гибкими проводами к зажимам прибора. Соединительные провода должны иметь необходимую длину и хорошую изоляцию. Провода в оплетке не применяют, так как они легко увлажняются. Стараются располагать провода на весу, чтобы исключить шунтирующее действие сопротивления их изоляции на показания прибора. Поверхность мегомметра должна быть сухой и чистой.

Перед измерением проверяют исправность мегомметра. Для этого прибор устанавливают в горизонтальное положение, замыкают накоротко его зажимы, вращают ручку привода генератора со скоростью 120 об/мин и проверяют совпадение стрелки с нулевой отметкой шкалы. Затем при разомкнутых зажимах вращают ручку с той же скоростью. При этом стрелка должна установиться на отметке ∞ (бесконечность). Если стрелка отклоняется от этих отметок более чем на ± 1 мм, мегомметр при первой возможности направляют на проверку.

Исправное состояние мегомметра в течение длительного времени зависит главным образом от правильного и бережного обращения с ним. Мегомметр надо содержать в чистоте, оберегать от толчков, ударов и падений,

губительно действующих на чувствительный измеритель, подвижная часть которого вращается на кернах в агатовых подшипниках. При повреждении подшипников стрелка прибора начинает застревать и при проверке не устанавливается на нуль или бесконечность; показания мегомметра становятся неточными.

Определив характер неисправности обмотки, приступают к ремонту, который начинается с ее разборки. Разборка обмоток с открытыми пазами состоит из выбивки пазовых клиньев, распайки соединений между катушками и подъема катушек из пазов. У длительно работавших машин катушки туго сидят в пазах. Чтобы не повредить вынимаемые катушки, пользуются клиньями из текстолита или твердых пород дерева. Для подъема верхних сторон катушек клин забивают в паз между катушками, а для подъема нижних сторон — между катушкой и дном паза.

Разборка обмоток с полуоткрытыми и полузакрытыми пазами затруднена тем, что катушки прочно склеены со стенками паза и между собой пропиточным лаком. Для облегчения размотки статора через обмотку пропускают ток низкого напряжения (40—60 В), нагревая ее до выгорания изоляции и нарушения сцепления витков. Другим способом является погружение статора на 8—12 ч в 3%-ный водный раствор кальцинированной соды, нагретый до 80—100° С; при этом изоляция катушек разрушается и обмотка легко выходит из пазов.

При разрушении изоляции катушек разрушается также изоляция пазов и обмоткодержателей. После выемки обмотки пазы легко очищают от изоляции. Способ очистки зависит от формы паза. Открытые пазы можно очищать проволочными щетками, вращаемыми электрической дрелью. Хорошие результаты дает пескоструйная обработка пазов. Очистка от изоляции полузакрытых и полуоткрытых пазов представляет значительные трудности и производится в основном вручную с использованием скребков специальной формы и напильников. Применяют также зубчатую прошивку в форме сечения паза, которую прогоняют через паз ударами молотка.

После очистки сердечник, обмоткодержатели и станину тщательно промывают растворителем (бензином или четыреххлористым углеродом) при помощи пульверизатора для удаления загрязнений, а затем пазы

и наружные поверхности обмоткодержателей покрывают тонким слоем покровного лака и просушивают на воздухе.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается старение изоляции обмоток?
2. Какие бывают повреждения проводов обмотки?
3. В чем состоит планово-предупредительный ремонт обмоток?
4. Какие работы производят при среднем ремонте?
5. В чем заключается подготовка к ремонту обмоток?
6. Какими аппаратами проверяют неисправности обмоток?
7. Как устроен мегомметр?
8. Как проверяют исправность мегомметра?
9. Как надо обращаться с мегомметром?
10. Как разбирают обмотку перед ремонтом?
11. Как очищают пазы от старой изоляции?

Ремонт обмоток статоров

Ремонт обмоток статора является сложным процессом, поэтому прежде чем приступать к производственным операциям учащиеся должны выполнить тренировочные упражнения. В качестве примера можно привести следующие упражнения: выполнение заготовительных операций для ремонта обмоток; намотка катушек на шаблоны; изолировка катушек вручную и на изолировочном станке; разборка обмоток, подлежащих ремонту; изолировка пазов; очистка обмоткодержателей от старой изоляции; изолировка обмоткодержателей; определение степени старения изоляции.

После выполнения тренировочных упражнений учащиеся могут приступить к укладке обмоток в пазы, сначала в составе рабочих бригад, а затем самостоятельно, начиная с однослойных обмоток машин малой мощности. После освоения процессов укладки однослойных обмоток учащиеся переходят к укладке двухслойных обмоток из круглого провода. Тема кончается частичной и полной обмоткой статоров с катушками из прямоугольного провода.

В процессе прохождения этой темы учащиеся должны уверенно пользоваться электронными аппаратами типов СМ и ЕЛ сначала на макетах обмоток, а затем на готовых статорах после среднего и капитального их ремонта. При оценке прохождения учащимися этой темы

мастер в равной степени уделяет внимание как выполнению ими производственных операций, так и умению пользоваться контрольными аппаратами и приборами СМ и ЕЛ и мегомметром.

На эту тему производственного обучения надо обратить особое внимание, так как статорные обмотки являются самыми распространенными. В диапазоне мощностей 1—200 кВт асинхронные двигатели строятся со всеми разновидностями статорных обмоток — однослойными обмотками из круглого провода, двухслойными из круглого провода и двухслойными из прямоугольного провода. Необходимо ознакомить учащихся со всеми разновидностями обмоток.

Начинать следует с однослойных обмоток двигателей в диапазоне мощностей 1—5 кВт, так как эти двигатели выпускаются в массовых количествах и занимают значительное место в программе ремонтных предприятий. Для ремонта обмоток этих двигателей могут быть использованы учебные мастерские профессионально-технического училища.

Ремонт статорных обмоток заключается в устранении следующих неисправностей: тепловое старение изоляции; замыкание между витками в одной фазе и между проводами разных фаз; замыкание обмотки на корпус; обрывы в обмотке или плохие контакты в паяных соединениях.

В зависимости от характера неисправности и общего состояния поступившего в ремонт статора выполняют частичный ремонт с заменой отдельных катушек или полную перемотку. Правильное определение причины неисправности и методов ее устранения очень важно при назначении объема и технологии ремонта. Решение этих вопросов часто представляет большие трудности, поэтому учащиеся должны принимать участие в дефектации поступивших в ремонт электродвигателей.

О состоянии изоляции часто судят по величине ее электрического сопротивления, однако сопротивление изоляции не характеризует ее механической прочности. В ремонтной практике известны случаи, когда обмотки, имеющие высокое сопротивление изоляции, быстро выходят из строя из-за ее пробоя на корпус или витковых замыканий. Для более правильного определения состояния изоляции производят частичное ее вскрытие. Если изоляция сохранила эластичность и механически доста-

точно прочна, ее можно считать надежной. Если же она очень хрупка и при нажатии на нее пальцами ломается, трескается или сильно шелушится, обмотку необходимо перемотать.

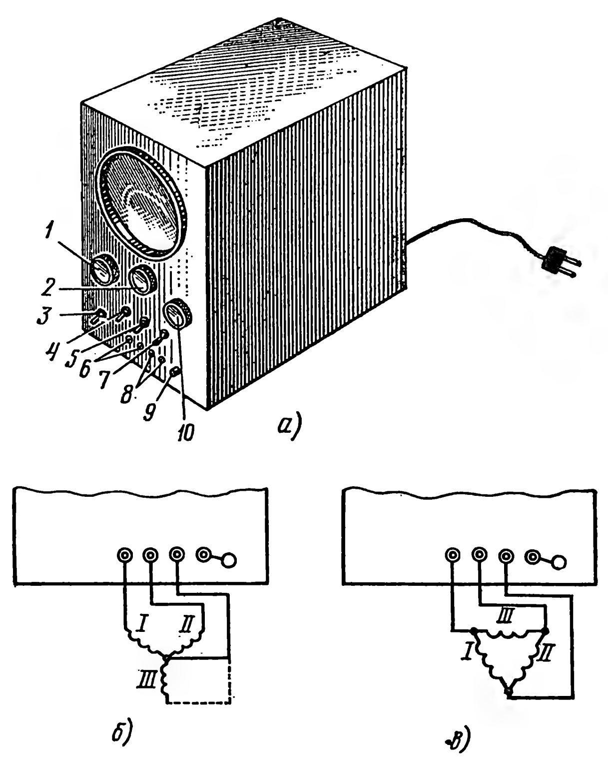


Рис. 23. Аппарат СМ:

а — внешний вид аппарата, *б* и *в* — схемы контроля обмоток; *1* — ручка «Импульсный контур», *2* — ручка «Фокус», *3* — выключатель «Сеть», *4* — выключатель развертки луча, *5* — выключатель анодного напряжения, *6* и *8* — гнезда, *7* — выключатель синхронного переключателя, *9* — зажим «Земля», *10* — ручка «Емкость симметрии»

Дефектация обмоток всех типов электрических машин была значительно усовершенствована после разработки аппаратов СМ и ЕЛ. Аппарат СМ питается от сети переменного тока и посылает в испытуемую обмотку волну импульса с амплитудой до 600 В при токе в несколько миллиампер. На экране электроннолучевой

трубки появляется свечение в виде яркой точки. При помощи двух вертикальных пластин луч развертывается в светящуюся полосу.

Две горизонтальные пластины, к которым присоединяют две ветви испытуемой обмотки, заставляют луч колебаться в вертикальном направлении, и на экране появляется кривая. При неисправностях в одной из двух ветвей обмотки на экране появляется изображение двух кривых. При различных неисправностях обмотки (междувитковые замыкания, обрыв, плохой контакт, неправильное соединение катушек, различные числа витков) на экране появляются кривые разной формы, что при известном опыте производящего контроль позволяет быстро определить характер неисправности.

Внешний вид аппарата СМ показан на рис. 23, *а*. В нижней части передней стенки расположены две пары гнезд для присоединения испытуемых обмоток. Гнезда *6* имеют обозначение «Импульсы», гнезда *8* — «Пластины явления». Над гнездами расположены выключатели, а между экраном и выключателями — три ручки настройки. Ручкой *1*, имеющей надпись «Импульсный контур», регулируют напряжение, подаваемое на испытуемую обмотку; ручкой *2* с надписью «Фокус» регулируют резкость луча на экране, ручкой *10* с надписью «Емкость симметрии» можно устранить естественную несимметрию испытуемых обмоток.

Аппарат ЕЛ имеет небольшие размеры экрана, позволяющего видеть изображение на расстоянии не более 1 *м*, но зато у него меньшие размеры и масса, чем у аппарата СМ, что делает его удобным для переноски.

Напряжение на выходе аппарата СМ может подниматься до 560 В, поэтому при работе с ним надо выполнять следующие требования техники безопасности:

нельзя вскрывать аппарат, не отключив его от сети;

до присоединения прибора к источнику питания его зажим 9 («Земля») необходимо надежно заземлить;

нельзя браться за оголенные концы провода, когда они находятся под напряжением.

Перед началом дефектации обмотки включают аппарат СМ в сеть, предварительно проверив соответствие напряжения сети напряжению, указанному на футляре и в паспорте аппарата. Шнур питания сначала присоединяют к аппарату, а затем к сети. После включения ждут не менее 1 мин для прогрева ламп и трубки, так как

преждевременное включение анодного напряжения может вывести лампы из строя.

После прогрева включают анодное напряжение, повернув вниз ручку выключателя *5*. Появившийся на экране луч наводят на фокус, поворачивая вправо или влево ручку *2* и добиваясь, чтобы на экране была резкая, а не расплывчатая линия. Концы двух фаз трехфазной обмотки соединяют с гнездами *6*, а среднюю точку — с одним из гнезд *8*. Длина проводов должна быть не более 4 м; сечение и марки проводов должны быть одинаковыми, чтобы не возникла естественная несимметрия.

После этого выключателем *7*, повернув ручку вниз, включают синхронный переключатель. Поворотом ручки *1* подают на испытуемые обмотки импульсное напряжение необходимой величины. При этом на экране вместо нулевой линии появляется одна кривая, если обмотки исправны, и две кривые, если в них есть дефекты. В случае надобности поворотом ручки *10* устраняют естественную несимметрию испытуемых обмоток.

На рис. 23, *б* пунктиром показано, что при отсутствии в обмотке выведенной нулевой точки к гнезду *8* присоединяют конец третьей фазы, которая в данном случае служит проводом. На рис. 23, *в* показано присоединение к аппарату обмотки, соединенной треугольником. Для проверки всех трех фаз надо поочередно менять их местами.

При испытании обмоток с малым числом витков частота их собственных колебаний получается очень высокой и при сравнительно медленной развертке луча наблюдаемые на экране затухающие кривые имеют очень острые пики, поэтому при наличии в обмотках дефектов трудно заметить раздвоение кривых. В таких случаях следует ускорить развертку луча, для этого ручку выключателя *4* надо повернуть вниз.

Выключают аппарат в таком порядке: выключают анодное напряжение выключателем *5*, выключают синхронный переключатель выключателем *7*, отключают питание выключателем *3* с надписью «Сеть» и вынимают вилку из розетки осветительной сети.

Как видно на рис. 23, *б* и *в*, для контроля обмоток необходимо подключить к аппарату две одинаковые фазы, ветви или катушки. Если в одной из фаз имеются короткозамкнутые витки, кривая на экране раздваива-

ется, причем расхождение между двумя образовавшимися кривыми невелико. Если в одной из фаз имеется обрыв, одна из кривых совпадет с нулевой линией.

Если в одной из фаз обнаружены короткозамкнутые витки, надо найти тот паз, в котором эта катушка находится. Для этого к аппарату СМ прикладывают два электромагнита с сердечниками, набранными из трансформаторной стали (рис. 24). Выводные концы обмотки электромагнита *1* подключают к гнездам *6* аппарата СМ (см. рис. 23), а концы обмотки электромагнита *2* — к гнездам *8* аппарата. Электромагниты подносят поочередно к каждому пазу данной фазы. При отсутствии в данном пазу короткозамкнутых витков на экране аппарата появляется одна кривая, близкая к нулевой линии. При наличии короткозамкнутых витков на экране появляются две кривые: одна над нулевой линией, другая под ней.

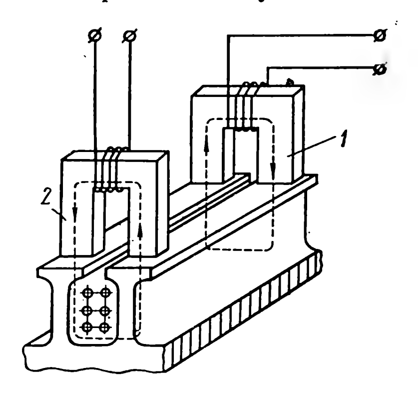


Рис. 24. Определение паза с дефектной катушкой:
1 и *2* — электромагниты

Часто при дефектации асинхронного двигателя, еще не снятого с фундамента, требуется определить, каким является дефект — внешним или внутренним. Так, если асинхронный двигатель, обмотка которого соединена звездой, при включении не вращается, двигатель отключают от сети и измеряют мегомметром сопротивления попарно между зажимами *1, 2* и *3* (рис. 25, *а*). При обрыве провода *2* сопротивление на зажимах *1—3* будет равно нулю, что покажет наличие металлического соединения, а измерения на зажимах *1—2* и *2—3* покажут величины сопротивлений изоляций участка сети и обмоток двигателя.

Затем определяют, где произошел обрыв — в сетевом проводе или в фазе обмотки двигателя. Для этого отсоединяют провода сети от зажимов двигателя и мегомметром измеряют сопротивление на зажимах *С1, С2* и *С3* попарно (рис. 25, *б*). При обрыве в фазе *2* обмотки

сопротивление на зажимах *С1 — С3* будет равно нулю, а на зажимах *С1 — С2* и *С2 — С3* — сопротивлению изоляции между обмотками.

Иногда двигатель гудит и не развивает номинальной скорости вращения, а обмотка статора исправна. Причина заключается в том, что одна из фаз обмотки статора «перевернута», т. е. конец и начало фазы поменяли

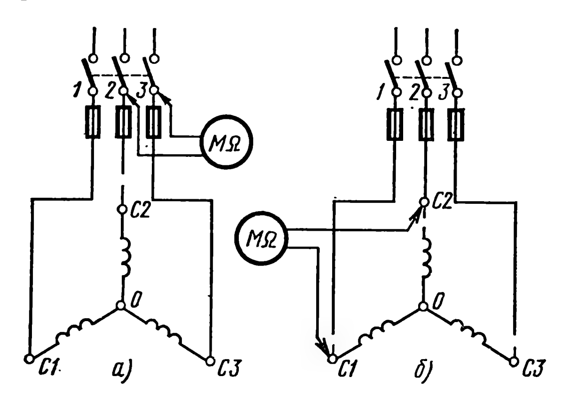


Рис. 25. Определение места дефекта:
а — в сетевом проводе, *б* — в фазе обмотки

местами. Обычно это бывает у двигателей с шестью выводами от обмотки статора.

Существует несколько способов определения маркировки выводов обмотки статора, если на них нет бирок. При шести выводах обмотки статора применяют метод пробных включений (рис. 26). Сначала контрольной лампой определяют выводы отдельных фаз и разделяют их попарно. Но при этом неизвестно, какой вывод в каждой паре является началом и какой концом фазы. Поэтому к ним привязывают картонные бирки с произвольными номерами *1—2* для первой фазы, *3—4* для второй и *5—6* для третьей.

Соединяют в общую точку выводы с бирками *2, 4* и *6*, а к выводам *1, 3* и *5* подводят трехфазный ток пониженного напряжения (рис. 26, *а*). Если двигатель работает плохо, сильно гудит, токи фаз неодинаковы и превышают номинальное значение, то меняют местами выводы *1* и *2*, т. е. соединяют в общую точку выводы *1, 4* и *6*

(рис. 26, *б*). Если при таком соединении двигатель продолжает плохо работать, то выводы первой фазы снова соединяют, как в первый раз, а меняют местами выводы второй фазы (рис. 26, *в*). Если при таком соединении двигатель работает плохо, то выводы второй фазы снова соединяют, как показано на рис. 26, *б*, а меняют местами выводы третьей фазы (рис. 26, *г*). Теперь двигатель должен работать нормально.

Для соединения обмотки звездой в общую точку должны быть соединены выводы от концов фаз *С4*, *С5* и *С6*, а к сети подключены выводы от начал фаз *С1*, *С2* и *С3*. В таком порядке и надо укрепить металлические бирки на выводах, чтобы соединение фаз было правильным.

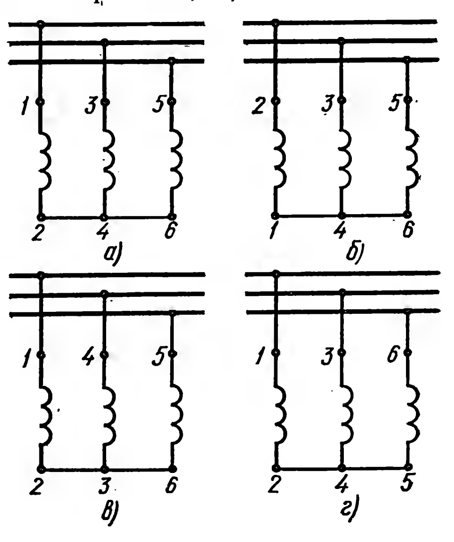


Рис. 26. Определение маркировки выводов методом пробных включений: *а* — *г* — варианты включений

В рассмотренном примере потребовалось четыре пробных включения, потому что были перепутаны начало и конец третьей фазы. Правильное соединение можно было бы найти и при меньшем числе пробных включений, если бы были перепутаны выводы первой или второй фазы.

После того как учащиеся освоят процессы ремонта однослойной обмотки статора двигателей мощностью 1—5 кВт, переходят к ремонту обмоток статора двигателей мощностью 5—100 кВт. У этих двигателей, как правило, двухслойные обмотки статора, поэтому процесс разборки обмотки выполняют иначе. Чтобы вынуть из пазов неисправную катушку, поднимают из пазов верхние стороны катушек, охватывающих шаг обмотки по пазам. Для этого снимают изоляцию междукатушечных соединений и бандажи, которыми лобовые части прикреплены к бандажным кольцам, удаляют распорки между лобовыми частями, распаивают соединения ка-

тушек и выбивают пазовые клинья. Катушки, которые нужно вынуть из пазов, разогревают до температуры 75—90° С на их поверхности пропусканием постоянного тока. После этого поднимают верхние стороны катушек при помощи деревянных клиньев, осторожно отгибают их внутрь статора и привязывают к лобовым частям уложенных катушек киперной лентой. Затем вынимают из пазов катушку с поврежденной изоляцией или имеющую короткозамкнутые витки. Снимают старую изоляцию и заменяют ее новой.

В катушках с непрерывной изоляцией очень трудоемким процессом является наматывание вручную изоляционной ленты в несколько слоев по всему контуру катушки. Для этой цели применяют изолировочные станки.

В учебных мастерских встречается конструкция примитивного изолировочного станка, в который катушку вводят и передвигают ее вручную. Такие станки применяют только для изолировки небольших катушек. На производственной практике учащимся придется ознакомиться с устройством и работой более сложных изолировочных станков, в основу которых положено два разных принципа. В одних станках катушка передвигается по раме станка, а ролик с лентой обматывает ее пазовые и лобовые части. В других станках катушка в процессе изолировки остается неподвижной, а изолировочная головка обегает ее по контуру.

Изготовленные катушки укладывают в пазы, нагревают до 75—90° С и осаживают легкими ударами молотка по деревянной осадочной доске. Лобовые части катушек рихтуют деревянным молотком. Нижние стороны лобовых частей привязывают к бандажным кольцам крученым шнуром. Между лобовыми частями забивают дистанционные прокладки. После этого опускают в пазы поднятые катушки, заклинивают пазы и запаивают междукатушечные соединения.

Контрольные вопросы

1. Какие виды обмоток применяют в статорах?
2. Какие виды неисправностей встречаются в статорных обмотках?
3. Как определяют степень старения изоляции?
4. На каком принципе основана работа аппарата СМ?
5. Какие меры предосторожности надо соблюдать при работе с аппаратом СМ?
6. В какой последовательности включают аппарат СМ?
7. Как надо выключать аппарат СМ?

8. Как производят контроль трехфазных обмоток?
9. Как исправить неправильное соединение выводов?
10. В какой последовательности вынимают катушки двухслойной обмотки?

Ремонт обмоток роторов

Изучение темы по ремонту обмоток роторов следует начинать с тренировочных упражнений. В качестве упражнений могут быть использованы простейшие операции ремонта беличьих клеток и стержневых фазных обмоток, например: рубка заготовок из бухт меди, гибка стержней фазных обмоток, изолировка стержней, гибка замыкающих колец, разборка беличьих клеток из медных стержней, удаление неисправных алюминиевых беличьих клеток и др.

Затем можно переходить к более сложным операциям ремонта, таким как разборка обмоток фазных роторов, восстановление изоляции катушек и стержней, вытаскивание из пазов стержневых обмоток, намотка и изолировка катушек фазных обмоток, бандажировка лобовых частей фазных обмоток и др.

Заключительными операциями ремонта обмоток являются: снятие схем обмоток перед разборкой и укладка на роторе катушек и стержней фазных обмоток, пайка соединений.

В процессе прохождения темы учащиеся должны изучить применяемые приспособления и контрольные приборы. В частности, они должны уверенно проверять качество паек при помощи специального аппарата. Проверку фазных роторов на отсутствие витковых замыканий учащиеся должны производить посредством аппаратов СМ и ЕЛ.

Следует направлять инициативу учащихся на рационализацию выполняемых ими операций.

Обмотки роторов асинхронных машин в диапазоне мощностей 1—200 кВт, которые входят в программу обучения электрослесарей по ремонту электрических машин, включают следующие типы: короткозамкнутые обмотки, выполняемые заливкой роторов алюминием; короткозамкнутые обмотки из медных и латунных стержней; обмотки фазных роторов из изолированных проводов. Обмотчики электрических машин осуществляют намотку фазных роторов; электрослесарям прихо-

дится принимать участие в ремонте обмоток всех перечисленных типов.

Роторы с литыми беличьими клетками повреждаются редко. Наиболее характерными неисправностями являются обрывы стержней в пазу в тех местах, где имеются дефекты в литье, например усадочные или газовые раковины и неметаллические включения. Место повреждения недоступно для пайки, поэтому при большом числе обрывов стержней перезаливают клетку тем же сплавом. Поврежденную алюминиевую клетку удаляют из ротора выплавкой или растворением алюминия в 40—50%-ном растворе каустической соды в течение 2—3 ч. Преимуществом способа растворения является отсутствие коробления листов ротора и влияния на вал высокой температуры.

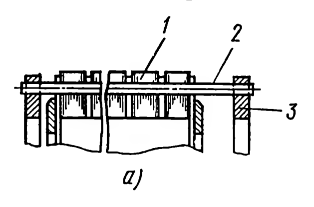
Наиболее простым методом заливки новой беличьей клетки является статическая заливка при неподвижном роторе. Статическую заливку роторов алюминием легко организовать в учебных мастерских. При прохождении этой темы необходимо обратить внимание учащихся на то, что при такой заливке трудно достигнуть равномерного заполнения расплавленным алюминием пазов сложной формы и малого сечения. В процессе прохождения производственной практики на предприятии учащиеся могут ознакомиться и с другими, более совершенными, методами заливки — центробежным, вибрационным и под давлением на полуавтоматических машинах.

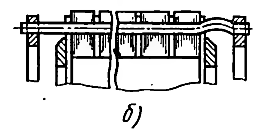
Каждый из этих способов заливки имеет достоинства и недостатки. Так, при центробежном способе плотность залитого металла повышается, но центробежная сила жидкого металла вытесняет его из узкой части паза. Заливка под давлением очень производительна, но затекающий между листами сердечника жидкий алюминий вызывает повышенные потери на вихревые токи. Следует обратить внимание учащихся на важность выдерживания определенной температуры расплавленного металла и степени прессовки листов сердечника. Необходимо ознакомить их со способами контроля качества заливки.

В двигателях большой мощности короткозамкнутые обмотки выполняют из медных или латунных стержней с приваренными к ним медными короткозамыкающими кольцами. Несмотря на простоту и надежность конструкции короткозамкнутых роторов нередки случаи по-

вреждения их обмоток. Причинами повреждений являются разрывы обмотки из-за механических напряжений, возникающих в стержнях, кольцах и местах соединений от центробежных сил, сил инерции короткозамыкающих колец и вибрации стержней, а также в результате удлинений при нагреве током. При появлении электрической дуги происходит распайка и оплавление мест соединений стержней с короткозамыкающими кольцами.

Часто повреждения беличьих клеток происходят вследствие неправильных условий эксплуатации. Это бывает, когда двигатель, рассчитанный на спокойную длительную работу, используют для приводов с частыми пусками под полной нагрузкой. В этих случаях температура отдельных частей беличьей клетки превышает 500° С и ее элементы подвергаются сильным перенапряжениям. Как показала практика эксплуатации асинхронных двигателей, 80% всех повреждений короткозамкнутых обмоток происходит по этой причине. Особенно опасным является повторный пуск двигателя, уже нагретого предшествующими пусками.





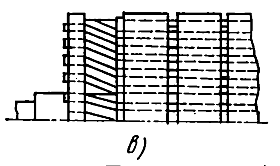


Рис. 27. Повреждение беличьих клеток:

а — смещение клетки в осевом направлении, *б* — изгиб стержней в радиальном направлении, *в* — изгиб концов стержней в направлении, обратном вращению; *1* — пакет сердечника ротора, *2* — стержень беличьей клетки, *3* — замыкающее кольцо

Наиболее частым видом повреждения беличьих клеток является обрыв стержней в месте выхода их из паза или соединения с замыкающим кольцом. Стержни при обрыве изгибаются; отогнутая часть стержня может повредить обмотку статора.

Для предупреждения аварийного выхода двигателей из строя тщательно наблюдают за их работой и внимательно осматривают роторы при текущих осмотрах. При обрыве хотя бы одного стержня нормальная работа короткозамкнутой обмотки нарушается, что обычно приводит к обрыву других стержней и серьезной аварии.

При текущих осмотрах обращают внимание на по-

вреждения, которые еще не привели к аварийному выходу двигателя из строя, но в конечном счете приведут к обрыву стержней или распайке мест соединений.

К таким повреждениям относятся:

появление на стержнях трещин, которые ведут к разрыву стержней;

смещение беличьей клетки в осевом направлении (рис. 27, *а*);

изгиб выступающих из пазов стержней в радиальном направлении (рис. 27, *б*);

изгиб концов стержней в направлении, обратном вращению (рис. 27, *в*), вследствие инерции тяжелого замыкающего кольца при пуске;

цвета побежалости в местах соединений колец со стержнями, подгары мест соединений.

Все перечисленные повреждения могут быть обнаружены при внимательном осмотре беличьих клеток. Особенно тщательно проверяют появление начальных трещин на выступающих концах стержней. При осмотрах пользуются увеличительными стеклами, протравливают подозрительные места реактивами или прокрашивают их раствором мела в керосине. Очень тщательно осматривают также состояние паяных соединений стержней с кольцами, обращая внимание на самые незначительные изменения мест пайки.

Ремонт обмоток короткозамкнутых роторов заключается в частичной или полной замене всех стержней и замыкающих колец. Частично заменяют стержни лишь в тех случаях, когда повреждение явилось следствием отдельных дефектов, не характерных для всей клетки. При ремонте материал для стержней и колец берут такой же, какой применен в двигателях заводского производства, иначе будут ухудшены пусковые и рабочие характеристики двигателя.

Для выполнения капитального ремонта нарубают из прутков заготовки стержней такой длины, чтобы они выступали из пазов на такую же величину, что и стержни двигателя до ремонта. Концы стержней затачивают на конус на точильном камне и забивают стержни в пазы. Если стенки пазов имеют большие шероховатости, их зачищают сверлами, вращаемыми электродрелями.

Замыкающие кольца двигателей на 3000 об/мин отковывают из одного куска меди. Кольца тихоходных двигателей можно гнуть из полосы и сваривать автогенной

сваркой. Наиболее ответственной операцией является пайка соединений стержней с кольцами. Для пайки беличьих клеток двигателей с легкими условиями пуска, у которых стержни и кольца медные, применяют меднофосфористый припой. Пайку производят без флюса. Для двигателей с тяжелыми условиями пуска применяют серебряные припои. В качестве флюса при этом используют буру.

Для круглых стержней в кольцах просверливают отверстия. Зазоры между отверстиями в кольцах и стержнями берут 0,2—0,25 мм на сторону. Перед пайкой концы стержней и стенки отверстий сначала обезжиривают и протравливают в растворе азотной кислоты, а затем промывают в горячей воде. Стержни соединяют с кольцами газовой или электроконтактной пайкой, основанной на контактном нагреве мест пайки. Ток к месту пайки подводят от низковольтного трансформатора через электрододержатель, в котором зажат угольный электрод. В ремонтных условиях наиболее распространена газовая пайка ацетилено-кислородным пламенем.

Ротор при пайке устанавливают на вращающейся опоре вертикально. Между замыкающими кольцами и торцом сердечника устанавливают дистанционные клинья из нержавеющей стали. После общего разогрева кольца и стержня расплавляют припой, касаясь им наиболее нагретых мест пайки на наружной поверхности кольца. Нельзя плавить припой в пламени горелки, горелку все время перемещают по контуру пайки. Флюс наносят на спаиваемые поверхности, погружая разогретый конец прутка в сосуд с флюсом.

Фазные обмотки роторов двигателей мощностью до 100 кВт состоят из многовитковых катушек, намотанных из прямоугольных изолированных проводов. Конструктивная особенность этих обмоток заключается в том, что провода расположены в пазу в один ряд. Это значительно улучшает условия охлаждения проводов, так как каждый провод граничит со стенками паза.

Прежде чем вынимать катушечные группы обмотки из пазов при ремонте обмоток фазных роторов, снимают схему обмотки, расположение начал и концов фаз на роторе, а также расположение соединений между катушечными группами.

В двигателях мощностью свыше 100 кВт применяют стержневые обмотки фазных роторов. В каждом пазу

помещаются два стержня, соединенных хомутиком и спаянных. Обычно обмотка ротора попадает в ремонт вследствие обугливания изоляции из-за сильного нагрева. Причиной чаще всего служит недоброкачественная пайка. Обмотка может перегреться также от частых пусков, так как пусковой ток в несколько раз превышает номинальный.

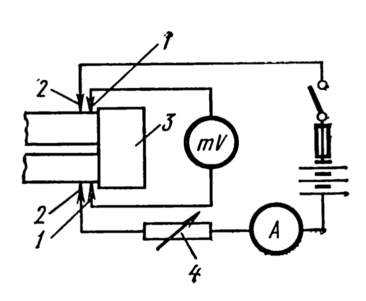


Рис. 28. Схема прибора для измерения сопротивления контактов:

1 — щупы для измерения падения напряжения, *2* — щупы для подвода постоянного тока, *3* — хомутик обмотки, *4* — регулировочный реостат

При осмотрах роторов в процессе текущих ремонтов прежде всего тщательно проверяют паяные соединения стержней верхнего и нижнего слоев. Более точно качество соединения можно проверить специальным прибором (рис. 28), измерив сопротивления контактов. К двум стержням обмотки при помощи щупов *2* подводят постоянный ток от аккумуляторной батареи вблизи хомутика *3*. Другой парой щупов *1* измеряют падение напряжения милливольтметром. Для ограничения и регулирования тока в цепь включают реостат *4*. Подбирают такую силу тока, чтобы получить достаточные по величине показания милливольтметра. Измерения производят для каждой пары стержней с обеих сторон ротора. При низком сопротивлении контакта увеличивается падение напряжения; такие соединения дополнительно пропаивают. Если ротор вращается даже при разомкнутой цепи ротора, значит имеется короткое замыкание в обмотке или на контактных кольцах вследствие оседания щеточной пыли.

Обычно при ремонте стержневых обмоток фазных роторов удается использовать все или большую часть стержней старой обмотки. Однако при сильных прогарах приходится часть стержней заменять новыми из медной шины. Размеры сечения стержня при этом должны быть сохранены. Одну сторону заготовки выгибают на гибочном приспособлении, противоположную сторону — на роторе.

Прежде чем отрезать заготовку от бухты меди, из-

меряют стержень и высчитывают длину заготовки. В качестве примера определим развернутую длину заготовки стержня обмотки ротора с размерами, показанными на рис. 29. Заготовка состоит из трех прямолинейных участков a, b и c и двух скругленных участков со средним радиусом r. Длина окружности равна $2\pi r$. Два закруг-

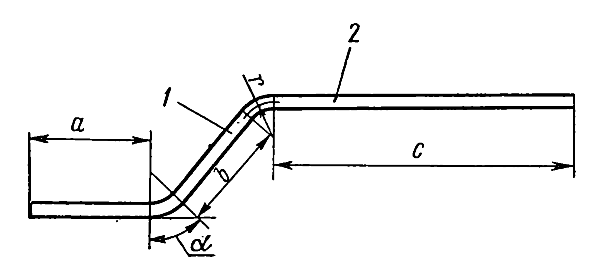


Рис. 29. Заготовка стержня обмотки ротора:
1 — лобовая часть стержня, 2 — пазовая часть стержня

ления под углом α меньше целой окружности в $\frac{2\alpha}{360}$ раз. Таким образом, развернутая длина двух скругленных участков выражается формулой

$$2\pi r\frac{2\alpha}{360}=0{,}035\alpha r,$$

а вся длина стержня равна

$$a+b+c+0{,}035\alpha r.$$

Согнутые стержни передают на изолировочный участок для нанесения изоляции, а затем на обмоточный участок для укладки в пазы. Роторы асинхронных двигателей имеют закрытые пазы, поэтому стержни обмотки приходится вдвигать в пазы с торцов сердечника. Обычно стержни нижнего ряда вставляют в пазы с одной стороны ротора, а стержни верхнего ряда — с другой.

При разборке роторной обмотки с закрытыми пазами нельзя вынуть даже один стержень верхнего слоя, не распаяв все соединительные хомутики и не разогнув все стержни этого слоя. Это объясняется тем, что после распайки хомутиков первый стержень можно разогнуть на небольшую величину, так как он находится между двумя соседними. Второй стержень можно разогнуть на удвоенную величину, третий — на утроенную и т. д.

Следовательно, чтобы у какого-нибудь стержня выпрямить лобовую часть, надо разогнуть почти все стержни этого слоя обмотки. Добраться до стержня нижнего слоя еще труднее.

Хомутики распаивают паяльной лампой или электродуговым паяльником. Снятые хомутики осматривают и решают вопрос об их повторном использовании. Для вытягивания стержней из пазов применяют специальные приспособления, потому что требуются большие усилия. Для этого на шейке вала, обернутой картоном, устанавливают и затягивают болтами хомут *6* (рис. 30). Распорка *3* служит для того, чтобы приспособление не сдвигалось вдоль вала. Конец стержня *1* закрепляют в зажиме *2* и начинают вращать гайку *4* за приваренные к ней рукоятки. При этом винт *5* движется поступательно и тянет за собой стержень обмотки. Винт соединен шпонкой с хомутом, что предохраняет его от проворачивания.

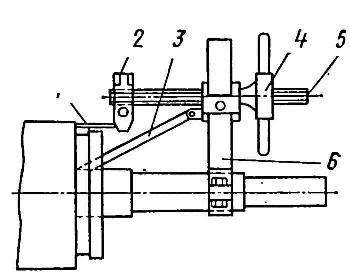


Рис. 30. Приспособление для вытягивания стержней из пазов:

1 — стержень обмотки, *2* — зажим, *3* — распорка, *4* — гайка, *5* — ходовой винт, *6* — хомут

Концы стержней очищают от наплывов припоя, чтобы их легко было вставить в пазы. При повторной гибке в стержнях могут образоваться трещины, поэтому после снятия изоляции их отжигают, нагревая до 400° С и охлаждая в воде. Мелкие повреждения в стержнях запаивают твердым припоем.

Контрольные вопросы

1. Какие типы обмоток встречаются в роторах?
2. Как можно удалить короткозамкнутую обмотку из алюминия?
3. Какими способами производят заливку ротора?
4. Какие причины приводят к повреждению беличьих клеток?
5. Как проверяют состояние беличьих клеток?
6. В каких случаях производят частичный ремонт и в каких полную замену беличьих клеток?
7. Как выполняют замыкающие кольца при ремонте?
8. Как соединяют стержни с кольцами?
9. Какие виды обмоток встречаются в фазных роторах?
10. Как проверяют качество паек в стержневых обмотках?
11. Как устроено приспособление для вытягивания стержней из пазов ротора?

Ремонт обмоток якорей

Обмотки машин постоянного тока являются самыми сложными, поэтому прежде чем приступить к изучению их ремонта, необходимо проделать ряд тренировочных упражнений, таких как подготовка якоря к обмотке; изолировка пазов и нажимных шайб; намотка катушек из круглого провода на шаблоны; изолировка катушек; намотка катушек из прямоугольного провода; гибка стержней обмотки якоря; прессовка и изолировка стержней.

После выполнения тренировочных упражнений можно переходить к процессам укладки обмоток в пазы. Лучше всего начинать с якорей с ручными обмотками, которые наматывают проводом непосредственно в пазы якоря. Выполнение ручных обмоток позволяет изучить схемы обмоток якоря и соединение их с коллектором. Затем можно переходить к катушечным всыпным обмоткам при полузакрытой форме паза. При выполнении этих обмоток следует обратить внимание учащихся на схемы петлевых и волновых обмоток.

После укладки обмоток в пазы учащиеся приступают к пайке их выводных концов с пластинами коллектора. При этом необходимо ознакомить учащихся с устройством и работой ванн для пайки коллекторов. Следующим этапом производственного обучения является выполнение обмоток из жестких катушек и стрежней. Учащиеся должны освоить проверку обмоток якоря при помощи аппаратов СМ и ЕЛ. Заключительным этапом этой темы является определение мест и характера неисправностей обмоток якоря (замыкание на корпус, междувитковые замыкания и обрывы) и способы их исправления. В порядке совмещения профессий учащиеся осваивают процессы бандажировки якорей и их балансировки.

Ремонт обмоток якорей является трудным процессом. На это надо обратить внимание учащихся при прохождении этой темы производственного обучения. Дефектация их также сложна, так как часто одни и те же признаки неисправности являются следствием различных причин.

В процессе ремонта могут встретиться следующие виды неисправностей: соединение обмотки с корпусом; междувитковые замыкания; обрывы; неправильные соединения выводов обмотки с коллекторными пластинами. Средства для обнаруживания неисправностей зави-

сят от условий работы. Если ремонт производится в обмоточном цехе крупного электроремонтного предприятия, то для дефектации пользуются аппаратами СМ и ЕЛ, мегомметрами и другими приборами. В небольших ремонтных мастерских применяют упрощенные методы проверки машин.

Ввиду того что машин постоянного тока находится в эксплуатации во много раз меньше, чем асинхронных двигателей, часто нет возможности заменить неисправную машину другой. В этих случаях прибегают к отключению неисправных катушек обмотки, чтобы машину можно было быстро вновь пустить в работу.

Соединение обмотки с корпусом может быть следствием старения изоляции, механических повреждений ее листами якоря, протирания пазовой изоляции при перемещениях катушек в пазах или соединения пластин коллектора с корпусом. Соединение обмотки с корпусом можно обнаружить, не разбирая машины. Для этого надо взять контрольную лампу и один провод присоединить к валу, а другим поочередно касаться коллекторных пластин. В однократно замкнутой обмотке контрольная лампа загорится при соединении с любой пластиной. В машинах с обмоткой из многовитковых катушек лампа будет гореть более ярко при касании с той пластиной, которая присоединена к катушке, соединенной с корпусом.

Однако контрольной лампой можно обнаружить только такое соединение обмотки с корпусом, при котором имеется металлический контакт. Поэтому лучше пользоваться мегомметром, стрелка которого покажет соединение обмотки с корпусом даже при окислившемся или подгоревшем контакте между ними.

Обнаружив катушку, соединенную с корпусом, находят место соединения и изолируют его. Часто соединения наблюдаются в местах выхода катушек из пазов, когда изолированная поверхность обмоткодержателей ниже дна паза и катушки прогибаются под действием давления бандажей. В этих случаях устраняют соединение, забивая на дно паза прокладки из гетинакса при снятых бандажах.

Если одна секция катушки соединена с корпусом, то можно отключить ее от обмотки, не вынимая обмотки из пазов. Для этого выводы секции *2* (рис. 31) отсоединяют от коллекторных пластин *1* и изолируют, а между

пластинами на торцовой поверхности впаивают медную пластину *3*, чтобы не было обрыва в петлевой обмотке. При большом числе коллекторных пластин это не скажется на работе машины.

Междувитковые замыкания могут появиться в результате повреждения изоляции самого провода или катушки. В первом случае будут замыкания между витками одной катушки, во втором — между соседними катушками. В обмотке якоря протекает переменный ток. В замкнутых витках образуются очень большие токи, так как сопротивление катушки мало. Признаком междувитковых замыканий является нагрев обмотки, который вызывает распаивание соединений с коллектором и обугливание изоляции. При длительной работе машины с короткозамкнутыми витками происходит их выгорание и образуется электрическая дуга, которая может оплавить и листы сердечника якоря. При междувитковых замыканиях появляются большие уравнительные токи, создающие сильное искрение на коллекторе.

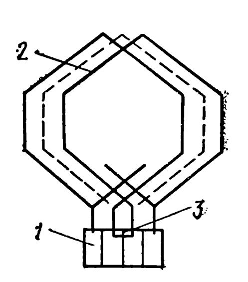


Рис. 31. Отключение секции, соединенной с корпусом:
1 — пластина коллектора, *2* — секция, соединенная с корпусом, *3* — медная пластина

Короткозамкнутые витки могут быть обнаружены аппаратами СМ и ЕЛ. Если присоединить две коллекторные пластины, расположенные на коллекторе под углом 90°, к гнездам *6* (см. рис. 23, *а*) аппарата СМ, а находящуюся посередине между ними пластину — к одному из гнезд *8*, то при петлевой обмотке получится схема, аналогичная трехфазной обмотке, соединенной треугольником (см. рис. 23, *в*). При витковых замыканиях в одной из ветвей обмотки на экране появляются раздвоенные кривые. Для полного контроля всей петлевой обмотки якоря необходимо эту операцию повторить для каждой четверти коллектора, т. е. четыре раза.

Если число замкнутых секций невелико, а машину надо срочно выпустить из ремонта, можно их отключить. На рис. 32, *а* показан замкнутый виток четырехвитковой секции обмотки якоря; на рис. 32, *б* пунктиром показаны отключенные витки, концы которых изолированы во избежание образования короткозамкнутых контуров на якоре. Чтобы в оставшейся части секции не было корот-

козамкнутых контуров, пришлось отключить два витка вместо одного. При большом числе междувитковых замыканий обмотка должна быть перемотана с заменой изоляции.

Причина междувитковых замыканий может заключаться не только в нарушении изоляции катушек. При пайке коллектора или бандажей капля припоя может

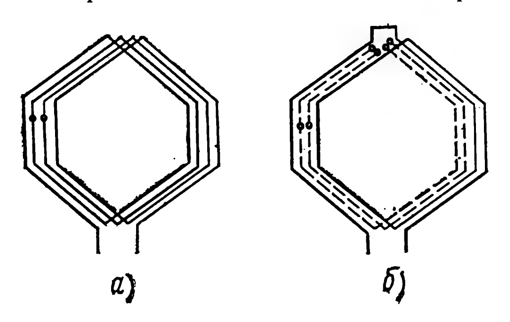


Рис. 32. Секции с замкнутым витком:
а — замкнутый виток, *б* — отключенные витки

попасть внутрь коллектора и с течением времени замкнуть две коллекторные пластины. Замыкание между пластинами может быть обнаружено только после отпайки верхнего слоя концов секций.

Обрывы в обмотках якоря бывают двух видов. У обмоток из тонкого провода при сильном натяжении бандажей и отсутствии у лобовых частей опоры со стороны обмоткодержателей могут оборваться провода обмотки. У обмоток из прямоугольного провода обрыв в цепи якоря происходит вследствие распаивания соединений с коллектором.

У генераторов с обрывами в обмотке якоря затруднен процесс самовозбуждения, а двигатели имеют пониженную скорость вращения. В обмотке в местах обрывов образуется электрическая дуга, которая может расплавить не только провода обмотки, но и листы сердечника якоря. При плохих контактах в местах пайки обмоток из прямоугольного провода все эти признаки проявляются не сильно. Но если такую машину не вывести вовремя в ремонт, произойдет полное нарушение контактов. При этом если обмотка имеет уравнительные соединения, то подгорят не только пластины коллектора, соеди-

ненные с оборванной секцией, но и другие, связанные с ними уравнительными соединениями.

В волновой обмотке при одном обрыве подгорит p пластин, соединенных одним обходом. Чтобы найти место обрыва, пользуются аппаратами СМ и ЕЛ. В случае обрыва одной секции она может быть отключена, так же как секция, соединенная с корпусом. Схема отключения показана на рис. 33. Между пластинами коллектора впаяна перемычка *2*.

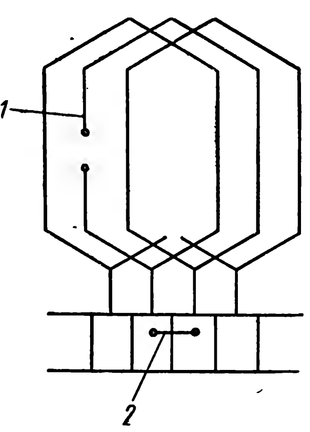


Рис. 33. Схема отключения секции, имеющей обрыв:
1 — секция с обрывом, *2* — перемычка между коллекторными пластинами

Неправильные соединения выводов обмотки с коллекторными пластинами встречаются только в обмотках из тонкого провода и заключаются в том, что концы секции меняются местами. Э. д. с. такой секции направлена навстречу э. д. с. соседних секций, что вызывает искрение на коллекторе. Из-за нарушения симметрии появляются уравнительные токи между параллельными ветвями обмотки. Для обнаружения перекрещивания концов секций в петлевой обмотке к двум противоположным пластинам коллектора подключают постоянный ток и подводят к каждому пазу якоря магнитную стрелку. Если секция включена неправильно, стрелка повернется другим концом по сравнению с ее положением относительно других пазов с правильно соединенными секциями.

Контрольные вопрсcы

1. Какие виды неисправностей встречаются в обмотках якоря?
2. По каким причинам может произойти соединение обмотки с корпусом?
3. Как определить, соединена ли обмотка с корпусом?
4. Какое преимущество имеет мегомметр перед контрольной лампой?
5. Как отключают секцию, соединенную с корпусом в петлевой и волновой обмотках?
6. Какие виды междувитковых замыканий встречаются в обмотках якоря?

7. По каким признакам узнают о коротких замыканиях?

8. Как можно обнаружить короткозамкнутые витки аппаратами СМ и ЕЛ?

9. Как отключают секции с короткозамкнутыми витками?

10. По каким причинам могут возникнуть короткие замыкания?

11. Какие виды обрывов могут быть в обмотках якоря?

12. Как отключить секцию, имеющую обрыв?

13. Как обнаруживают неправильные соединения выводов обмотки с коллекторными пластинами?

Ремонт полюсных катушек

Катушки полюсов работают в значительно более легких условиях, чем обмотки, вложенные в пазы, поэтому они реже попадают в ремонт, а их неисправности легче обнаружить и устранить. Основными неисправностями полюсных катушек являются: соединения с корпусом; обрывы; междувитковые замыкания. Особенность полюсных катушек заключается в том, что по ним протекает постоянный ток, поэтому в короткозамкнутых витках не наводятся э. д. с. и не протекают токи короткого замыкания, а эти витки просто отключаются от других витков. Катушки с замкнутыми витками обычно холоднее других, так как при меньшем числе витков, по которым протекает ток, в них меньше потерь энергии.

Соединение полюсной катушки с корпусом обычно происходит в результате прорезания ее изоляции углом полюсного сердечника. Неисправную катушку снимают с полюса и устраняют причину соединения. При резких изменениях тока возбуждения полюсные катушки подвергаются большим динамическим усилиям, передвигающим их вдоль сердечника полюса, поэтому при сборке тщательно проверяют плотность посадки катушек на сердечнике. В последнее время полюсные катушки стали пропитывать вместе с сердечником полюса компаундом с кварцевым наполнителем, благодаря чему улучшается отвод тепла от катушки к полюсу и устраняется возможность ее перемещения относительно полюса.

Катушку, соединенную с корпусом, находят следующим образом. Отключают катушки от якоря и пропускают через них постоянный ток. Один провод от вольтметра присоединяют к корпусу, а другим поочередно касаются соединительных проводов или выводных пластин катушек. Если они изолированы, то прокалывают

острыми щупами изоляцию. Наименьшие показания вольтметра будут с обеих сторон от катушки, соединенной с корпусом.

Обрывы бывают только в катушках, намотанных из тонкого провода. При обрыве обмотки возбуждения машин постоянного тока напряжение на зажимах генератора отсутствует. Место обрыва легко обнаружить мегомметром. Для этого проверяют соединение выводов каждой катушки, отключив их от источника питания.

Междувитковые замыкания чаще всего наблюдаются в переходах из слоя в слой, в местах крепления выводов и в углах полюсов. Замыкание небольшого числа витков катушки параллельного возбуждения не сказывается на работе машины. Особенно нечувствительны к замыканиям витков машины с уравнительными соединениями в обмотке якоря. При значительном числе замкнутых витков и отсутствии уравнительных соединений машина начинает искрить на коллекторе, у генератора снижается напряжение, а у двигателя возрастает скорость вращения.

Особенно опасны междувитковые замыкания в синхронных машинах, когда нарушается магнитная симметрия и ротор начинает сильно вибрировать. Иногда эти замыкания имеют перемежающийся характер, появляясь при вращении ротора и пропадая после его остановки. Это объясняется действием центробежных сил, в результате чего появляется давление между витками катушки и они замыкаются, что обычно наблюдается в многослойных катушках. Поэтому в синхронных машинах стремятся применять однослойные катушки, намотанные из медных шин на ребро.

Контрольные вопросы

1. Какие неисправности встречаются в полюсных катушках?
2. Как найти полюсную катушку, соединенную с корпусом?
3. Как исключить замыкания катушек на корпус?
4. В каких катушках могут быть обрывы?
5. В каких местах наблюдаются витковые замыкания в катушках?
6. Почему опасны витковые замыкания катушек в синхронных машинах?

Комплексные работы

На базе изучения тем «Ремонт шихтованных сердечников» и «Ремонт обмоток» могут быть составлены комплексные работы, выполняемые учащимися самостоятельно. В качестве комплексных работ могут быть предложены следующие:

1. Ремонт обмоток статора электродвигателей единой серии типов А2 и АО2 3, 4 и 5-го габаритов (работа выполняется одним учеником).

2. Ремонт обмоток статора электродвигателей единой серии типов А2 и АО2 6, 7, 8 и 9-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).

3. Ремонт обмоток ротора электродвигателей единой серии АК2 6, 7, 8 и 9-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).

4. Перезаливка алюминиевой обмотки ротора электродвигателей единой серии 3, 4 и 5-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).

5. Ремонт стержневой обмотки ротора асинхронного двигателя 10 и 11-го габаритов (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).

6. Ремонт обмотки ротора синхронного генератора 10 и 11-го габаритов (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).

7. Капитальный ремонт сердечников статора с выемкой обмоток машин 10 и 11-го габаритов (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).

8. Ремонт обмоток якоря машин серии П 3, 4 и 5-го габаритов (работа выполняется одним учеником).

9. Ремонт обмоток якоря машин серии П 6, 7, 8 и 9-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).

10. Ремонт полюсных катушек машин серии П 3, 4 и 5-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).

РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ

Ремонт коллекторов является сложным технологическим процессом, поэтому изучение этой темы следует начинать с тренировочных упражнений. Сначала знакомят учащихся с устройством коллекторов различных типов. Затем переходят к выполнению простых операций: резка полос коллекторной меди на отдельные пластины, правка пластин, впаивание петушков, резка миканитовых прокладок и др. После этого переходят к более сложным операциям — сборке пластин в кольцо с предварительной калибровкой, прессовке пластин в прессовочных приспособлениях, ремонту миканитовых манжет и прессовке новых манжет в пресс-формах. После сборки и прессовки пластин изучают процессы статической и динамической формовки коллекторов. При этом учащиеся должны научиться проверять дефекты наружной поверхности коллектора индикатором.

В процессе всего периода прохождения этой темы необходимо привлекать учащихся к дефектации коллекторов и определению причин неисправностей. В порядке совмещения профессий учащиеся осваивают процессы обточки поверхности коллектора, его шлифовки, полировки и продороживания.

Наиболее сложными процессами ремонта являются частичная разборка коллекторов с заменой поврежденных пластин и ремонтом поломанных петушков, устранение замыканий между пластинами. Сначала учащиеся наблюдают за выполнением этих процессов опытными рабочими, а затем осваивают их самостоятельное выполнение. В связи с широким распространением коллекторов с пластмассовыми корпусами следует привлекать учащихся к их ремонту, включая запрессовку пластин в корпуса.

Средний ремонт коллекторов

В процессе среднего ремонта устраняют неисправности, которые можно устранить, не снимая коллектора с вала. Обслуживание электрических машин постоянного тока требует специальных знаний и опыта, так как при неправильном определении неисправности можно не только не устранить ее, но даже ухудшить работу машины. Обнаружить неисправности в машинах постоянного тока сложно потому, что одни и те же признаки могут быть вызваны различными причинами. Так, подгорание отдельных пластин коллектора может произойти из-за неровности его поверхности или обрывов в обмотке. Потемнение поверхности коллектора может быть вызвано чрезмерным его нагревом или загрязнением его поверхности мягкими щетками, а также другими причинами.

В процессе прохождения этой темы учащиеся должны научиться распознавать неисправности коллекторов и устранять их. Рассмотрим наиболее характерные неисправности коллекторов, которые наблюдаются при работе машин постоянного тока.

Искрение щеток на коллекторе. В машинах постоянного тока очень редко совершенно отсутствует искрение щеток. При длительной работе допускается слабое искрение приблизительно у половины щеток. Для определения искрения смотрят на щетку по направлению вращения коллектора, так как искрение чаще всего наблюдается под сбегающим краем щетки.

Сильное искрение щеток может быть вызвано следующими причинами: неправильная установка траверсы щеткодержателей, неодинаковое расстояние между

щетками отдельных пальцев по окружности коллектора, слишком слабое нажатие щеток на коллектор, неправильный выбор марки щеток, вибрация всей машины или пальцев щеткодержателей.

Если замечают сильное искрение, останавливают машину и осматривают поверхность коллектора. Обычно в этих случаях видны штрихи на пластинах коллектора — следы подгара. Если эти штрихи можно удалить тряпкой, смоченной в бензине, то такое искрение считается допустимым. В противном случае коллектор чистят тонкой стеклянной (но не наждачной) бумагой, которую прикладывают к вращающемуся коллектору по ходу машины. После чистки поверхности коллектора ищут одну из перечисленных выше причин и устраняют ее. Если на поверхности коллектора обнаружены глубокие местные подгары, машину разбирают и протачивают коллектор на станке.

Коллектор протачивают резцами с пластинками из твердого сплава. Подача резца должна быть возможно малой (0,04—0,05 мм/об), чтобы он оставлял как можно меньше следов. Чтобы не образовывалось заусенцев на краях коллекторных пластин, резец должен быть очень острым. Чистота поверхности коллектора в значительной степени зависит от скорости резания, которую берут не менее 100—200 м/мин. Глубина резания при чистовой проточке должна быть минимальной (0,1—0,2 мм). Учащиеся, имеющие опыт работы токарями, могут производить обточку коллектора.

Для получения гладкой, блестящей поверхности коллектор после проточки шлифуют и полируют. В ремонтной практике чаще всего поверхность коллектора шлифуют деревянной колодкой, обработанной по его радиусу с натянутой на нее мелкозернистой (№ 80—180) стеклянной шкуркой. Колодку вставляют в оправку, зажатую в резцедержателе токарного станка и прижимаемую к коллектору пружиной. Шлифовку производят при возможно более высоких скоростях резания, но не выше рабочей скорости коллектора. После шлифовки поверхность коллектора полируют куском твердого дерева, обработанным по радиусу коллектора.

Биение поверхности коллектора. Иногда в процессе работы машины постоянного тока биение коллектора достигает большей величины, чем установлено техническими условиями. Причиной биения коллектора

обычно является нарушение технологии прессовки при его изготовлении на заводе.

Для измерения биения коллекторов, а также других деталей, представляющих собой тела вращения, пользуются индикаторами. Индикатор — прибор с измерительным механизмом часового типа и стрелочным отсчетом (рис. 34, *а*). Точность измерения индикатором очень

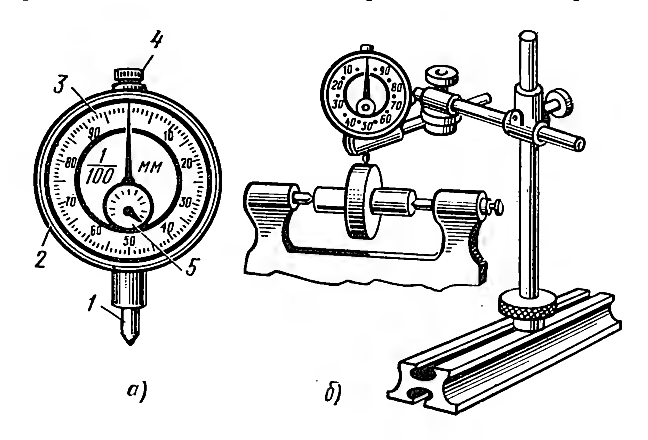


Рис. 34. Индикатор:

а — внешний вид, *б* — измерение биения детали; *1* — измерительный стержень, *2* — ободок циферблата, *3* — шкала с делениями, *4* — стопор ободка, *5* — шкала полных оборотов стрелки

высокая (0,010—0,005 мм). Зубчатые колеса индикатора подобраны так, чтобы при перемещении измерительного стержня *1* на 0,01 мм стрелка индикатора перемещалась на одно деление шкалы *3*. Шкала *5* показывает число полных оборотов стрелки, каждый из которых соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм. Для установки стрелки индикатора на нулевое деление циферблат вращают за ободок *2*, закрепленный стопором *4*.

Индикатор устанавливают на призме на жесткое основание (рис. 34, *б*) и опускают стержень на коллектор, который медленно вращают. По отклонениям стрелки судят о форме рабочей поверхности коллектора. Например, если на одной половине окружности коллектора стрелка отклоняется вправо, а на другой половине — влево, это свидетельствует об его эксцентриситете.

Если же, обходя окружность коллектора, стрелка два раза отклоняется вправо и два раза влево, то это указывает на эллиптичность его формы. Перемещение стрелки на отдельных участках коллектора вправо и влево свидетельствует о выступании и западании отдельных его пластин.

Для устранения недопустимого биения коллектора нажимают прессом на нажимную шайбу, подтягивают гайку, а затем коллектор протачивают, шлифуют и полируют.

Выступание миканитовых прокладок. Миканитовые прокладки могут выступать над поверхностью коллектора по нескольким причинам. Во-первых, медные пластины коллектора истираются щетками быстрее, чем миканитовые прокладки. Во-вторых, пластины изнашиваются в результате не только трения щеток, но и переноса частиц меди на щетки при искрении на коллекторе. Наконец, миканитовые прокладки могут выступать над поверхностью пластин из-за взаимного перемещения меди и миканита при периодических нагреваниях коллектора во время работы машины и остываниях при остановках. При нагревании коллектор увеличивается в диаметре, а при остывании снова уменьшается. При выступании прокладок над поверхностью коллектора даже на сотые доли миллиметра сильно ухудшается работа щеток, потому что при этом увеличивается трение и нарушается контакт между щетками и пластинами коллектора.

Чтобы избежать этого, во всех современных машинах постоянного тока продороживают коллектор, вырезая миканитовую изоляцию между коллекторными пластинами на глубине 1—1,5 мм. На поверхности коллектора образуются продольные дорожки. Продороживание маленьких коллекторов производят пилками с деревянной ручкой, более крупных — при помощи фрезерных станочков с цилиндрическими фрезами. Продороживание коллекторов приходится повторять после каждой проточки, когда канавки становятся чересчур мелкими. После продороживания поверхность коллектора очищают от чешуек слюды волосяными щетками.

Распайка петушков коллектора. В процессе эксплуатации машин постоянного тока встречаются случаи распайки соединений выводных концов обмотки якоря с петушками коллектора и поломки петушков.

Причиной распайки может быть плохое качество пайки или сильный нагрев проводов обмотки. Признаком распайки служит потемнение коллекторных пластин, у которых ухудшился контакт с обмоткой. Для восстановления контакта петушки *2* (рис. 35) пропаивают, нагревая дуговым паяльником с наконечником *1* соответствующей формы.

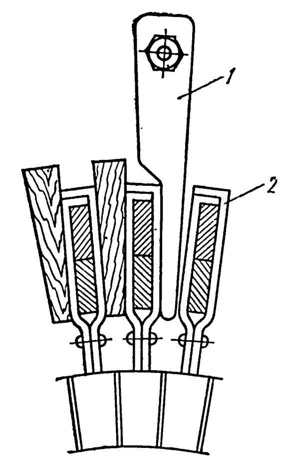


Рис. 35. Пайка петушков коллектора:

1 — наконечник паяльника, *2* — петушок коллектора

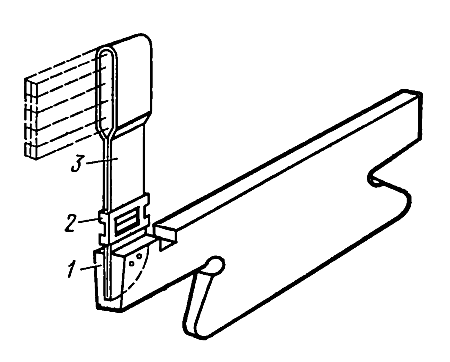


Рис. 36. Ремонт петушка при помощи скобы:

1 и *3* — поломанные части петушка, *2* — скоба

Поломка петушков происходит из-за механических повреждений при ремонте. Еще опаснее поломка многих петушков вследствие вибраций или центробежных сил обмотки якоря при ослаблении бандажей на ее лобовых частях. Во избежание таких поломок у длинных петушков делают дугообразные выгибы в средней части, играющие роль компенсаторов. Причиной поломки петушков может быть также хрупкость металла, появляющаяся в результате сильного нагрева при пайке.

Способы исправления поломанных петушков зависят от места поломки. Если поломка произошла на расстоянии не менее 10 мм от коллекторной пластины, то поломанные части *1* и *3* (рис. 36) соединяют скобой *2*, после чего места соединения скобы с частями петушка пропаивают. При поломке петушка в месте заделки его в прорезь коллекторной пластины сломанный петушок заменяют новым. Для этого снимают проволочный бандаж

с лобовых частей обмотки якоря со стороны коллектора, отпаивают петушок от ее проводов и вырубают узким крейцмейселем оставшийся в коллекторной пластине хвостовик петушка. В пластине 3 (рис. 37) просверливают наклонное отверстие под штифт. Изготовляют и облуживают новый петушок, соединяют его головку с проводами 2 обмотки, а хвостовик вставляют в шлиц коллекторной пластины. В хвостовик вставляют штифт 1 и пропаивают соединения петушка с пластиной и обмоткой. После пайки снова наматывают бандаж на лобовую часть обмотки.

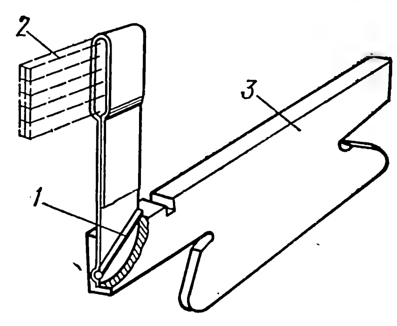


Рис. 37. Ремонт петушка при помощи штифта:
1 — штифт, 2 — провода обмотки якоря, 3 — пластина коллектора

Контрольные вопросы

1. Какие неисправности коллектора устраняют при его среднем ремонте?
2. Почему бывает сложно определить причину неисправности коллекторов в машинах постоянного тока?
3. В чем могут заключаться причины сильного искрения на коллекторе?
4. Какими способами устраняют подгары на поверхности коллектора?
5. При каких режимах резания производится обточка коллектора?
6. Как производится шлифовка и полировка поверхности коллектора?
7. Расскажите об устройстве индикатора.
8. Как по отклонениям стрелки индикатора определить характер биения коллектора?
9. Чем объясняется выступание изоляции за пластины коллектора?
10. Почему происходит распайка соединений обмотки с петушками?
11. Как соединяют части поломанного петушка при помощи скобы?
12. Как соединяют петушок с коллекторной пластиной при помощи штифта?

Капитальный ремонт коллекторов

При капитальном ремонте коллектор снимают с вала и разбирают частично или полностью. К капитальному ремонту прибегают в случаях замыкания между пласти-

нами внутри коллектора, пробоя изоляции на корпус, повреждения одной или нескольких пластин и полной замены изношенных пластин. Коллектор с пластмассовым корпусом приходится капитально ремонтировать также в случае появления трещин в корпусе.

Работы по капитальному ремонту коллектора очень сложны. Малейшая ошибка может привести к тому, что он потеряет правильную цилиндрическую форму, восстановить которую в условиях ремонтной мастерской очень трудно. Поэтому при прохождении этой темы учащихся включают в ремонтные бригады в качестве подручных. Не следует требовать от учащихся самостоятельного выполнения капитального ремонта коллекторов еще и потому, что случаи их капитального ремонта относительно редки. Благодаря внедрению единой серии машин постоянного тока появилась возможность получить новый коллектор с завода-изготовителя машины.

Если замыкание между пластинами или пробой изоляции коллектора произошли со стороны, противоположной якорю, то иногда удается устранить неисправность, не снимая коллектор с вала и не отпаивая его пластины от обмотки якоря. Чтобы в процессе ремонта не нарушалась правильная цилиндрическая форма коллектора, его стягивают по наружной поверхности хомутом, затем отвертывают гайку, сдвигают нажимной конус и осматривают внутреннюю поверхность коллектора. Замыкание между соседними пластинами чаще всего происходит вследствие попадания металлической стружки или капли припоя внутрь коллектора при сборке и пайке. При разборке коллектора эти замыкания надо устранить. Замыкание пластин на корпус обычно происходит в углах миканитовой манжеты. При ремонте в выточку ласточкина хвоста вкладывают сегменты, вырезанные из формовочного миканита и выгнутые в горячем состоянии.

Если эти неисправности имеются на стороне коллектора, обращенной к якорю, то приходится отпаивать все соединения обмотки от коллекторных пластин и снимать коллектор с вала винтовым съемником.

Для замены поврежденной коллекторной пластины в диске *2* приспособления (рис. 38) делают прорезь *5* и устанавливают ее против поврежденной пластины. В прорезь осторожно выбивают поврежденную пластину и на ее место ставят новую, выпиленную из медной полосы по размерам старой.

В случае износа коллектора и невозможности получить готовый коллектор с завода-изготовителя машины приходится заменять все пластины. Для этого необходимо получить с кабельного завода профильные медные полосы трапецеидального сечения, так как практически невозможно выполнить все пластины методом механической обработки. При замене пластин приходится заменять миканитовые прокладки, так как они изнашиваются при проточках и продороживании коллектора. Остальные детали старого коллектора можно использовать.

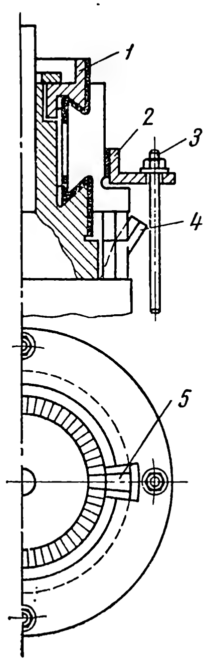


Рис. 38. Приспособление для ремонта коллектора:

1 — ремонтируемый коллектор, *2* — диск приспособления, *3* — стяжная шпилька, *4* — отпаянные провода обмотки, *5* — прорезь в диске

Из профильных медных полос нарезают коллекторные пластины, оставляя припуск на обработку торцов. В пластинах толщиной до 6 мм можно штамповать ласточкины хвосты с припуском на токарную обработку. Это уменьшает объем механической обработки, кроме того, отходы получаются в виде массивных кусков меди, а не стружки, смешанной с миканитом. Можно вырезать профиль ласточкина хвоста дисковой пилой, оставляя припуск на обработку; этот способ применим и при больших толщинах пластин. При толщине медных полос до 10 мм их режут на пластины штампами или ножницами, при большей толщине — фрезами.

При резке медной полосы штампами или ножницами пластины искривляются, скручиваются; эти дефекты устраняют правкой. Искривления выправляют специальным воротком, который надевают на один конец пластины, вставленной другим концом в отверстие в плите. Кривизну устраняют правкой на гладкой стальной плите свинцовым или медным молотком. Можно ударять по пластине и стальным молотком, но только через медную или стальную прокладку во избежание образования забоин. После правки между боковой поверхностью пластины и плитой не должен проходить щуп толщиной 0,05 мм. Правка пла-

стин является очень трудоемкой операцией, требует большого навыка и создает сильный шум в цехе, однако механизировать эту операцию не удается.

На толщину коллекторных пластин даются допуски по стандарту. Так, при толщине пластины 10 мм допуск составляет —0,1 мм. Если коллектор состоит из 300 пластин, то сумма допусков составит 30 мм по окружности коллектора или $\frac{30}{3,14}=9,5$ мм по его диаметру, что конечно, недопустимо. Поэтому коллекторные пластины перед сборкой калибруют, для чего складывают в пачки по 10 пластин, располагая соседние пластины большими основаниями трапеции в разные стороны. Высоту каждой пачки измеряют, приложив давление 30 кГ. Затем суммируют высоты всех 30 пачек и сравнивают эту сумму с произведением общего числа пластин на номинальную толщину одной пластины. Разницу компенсируют путем подбора миканитовых прокладок увеличенной толщины.

Если пластины с большим допуском сгруппируются на одной половине коллектора, то между щетками в разных полюсных делениях будет разное число коллекторных пластин, что вызовет сильное искрение на коллекторе. Чтобы этого не произошло, группируют пачки пластин коллектора и миканитовых прокладок по его окружности так, чтобы сумма отклонений в одном полюсном делении не превышала $^1/_4$ толщины пластины.

Затем в пластинах фрезеруют канавки глубиной 2—3 мм и впаивают в них петушки пластин. Пайка производится медно-фосфористым припоем МФ-3, имеющим температуру плавления около 800° С. Место пайки нагревают током, прикладывая два угольных электрода от понижающего трансформатора к боковым сторонам пластины. Палочку припоя подводят к стыку между пластиной и петушком; расплавляясь, припой заполняет щель между ними. Чтобы рабочая часть пластины при пайке не перегревалась, ее опускают в воду.

Прокладки изготовляют из специального миканита, состоящего из чешуек слюды, склеенных специальным лаком, который при нагреве под давлением переходит в неплавкое, нерастворимое состояние. Коллекторный миканит содержит не более 4—6% склеивающего лака, поэтому он при давлении 600 кГ/см^2 и температуре 20° С имеет усадку не более 7%. Его

выпускают в листах толщиной 0,4—1,5 мм. Выбор толщины миканита зависит от диаметра коллектора и напряжения машины.

Коллекторный миканит дорог, поэтому в последнее время его заменяют коллекторным слюдинитом, представляющим собой твердый листовой материал, получаемый горячим прессованием листов слюдинитовой бумаги, обработанных клеящим лаком. Слюдинитовую бумагу получают из отходов слюды путем переработки их в жидкую массу — слюдяную суспензию.

Отобрав нужное число медных пластин и миканитовых прокладок, приступают к сборке пластин в кольцо. Сборку производят на плите. Первую пластину прислоняют к стальному кубику, а следующие пластины и прокладки ставят с ней рядом. Благодаря трапецеидальной форме сечения пластины образуют круг. Их связывают мягкой отожженной проволокой и передают на стол гидравлического пресса.

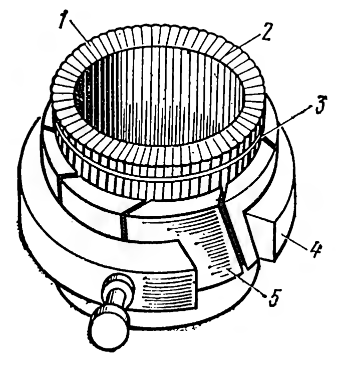


Рис. 39. Приспособление для прессовки коллектора:

1 — коллекторные пластины, *2* — миканитовые прокладки, *3* — проволока, стягивающая коллектор, *4* — прессующее кольцо, *5* — конические плашки

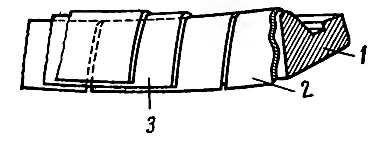


Рис. 40. Изолировка нажимной шайбы коллектора миканитом:

1 — нажимная шайба, *2* — сегменты из формовочного миканита, *3* — сегмент второго слоя

Коллекторы диаметром до 800 мм прессуют в приспособлении с коническими разрезными плашками *5* (рис. 39) с углом конуса 4°. На кольцо *4* давят прессом, оно опускается и сжимает плашки, которые в свою очередь передают давление на коллекторные пластины *1*, образуя из них цилиндрическое кольцо правильной формы. Чтобы создать боковое давление 350 кГ/см^2 между пластинами и миканитовыми прокладками *2*, давление пресса на кольцо должно быть равно 800 F (где F — боковая поверхность пластины, см^2). После прессовки кол-

лекторные пластины вместе с приспособлением нагревают в печи до 100° С и снова прессуют. При этом прессовочное кольцо опускается еще на несколько миллиметров за счет сжатия миканитовых прокладок.

После окончательной прессовки комплект пластин вместе с приспособлением поступает на механическую обработку выточек в коллекторных пластинах, в которые при сборке вкладывают миканитовые манжеты. Предварительно обтачивают торцы пластин и растачивают внутреннее отверстие. Коллектор зажимают в патроне токарного или карусельного станка за наружную поверхность прессовочного кольца. Для обработки второй стороны коллектор переворачивают на станке.

Перед сборкой коллектора осматривают миканитовые манжеты, которые при разборке остаются приклеенными к нажимным шайбам. Если обнаруживают места с ослабленной изоляцией, их подклеивают чешуйками слюды. Разрушенные при разборке миканитовые манжеты срезают, тщательно очищают поверхность нажимных шайб от остатков миканита и накладывают на них новую изоляцию. В заводских условиях миканитовые манжеты прессуют в специальных пресс-формах. В ремонтной практике обычно в качестве пресс-формы используют нажимные шайбы и медные пластины коллектора.

Конические поверхности нажимных шайб *1* (рис. 40) зачищают от заусенцев, забоин и протирают чистой ветошью. Затем раскладывают на них сегменты *2*, вырезанные из формовочного миканита. Зазоры в стыках сегментов не должны превышать 1 мм. Пригнанные сегменты нумеруют. Конические поверхности шайб и прилегающие к ним поверхности сегментов покрывают глифталиево-касторовым термореактивным лаком и просушивают на воздухе в течение 40—50 мин. На конические поверхности шайб накладывают пронумерованные сегменты первого слоя и проутюживают их, нагревая до 110° С.

Затем поверхность сегментов зачищают шкуркой и протирают чистой ветошью. На первый слой сегментов накладывают второй так, чтобы стыки сегментов *3* второго слоя были смещены на половину длины сегмента по отношению к стыкам первого слоя. Толщина миканита составляет обычно 0,25 мм, а общая толщина манжеты — 1,5—2 мм, поэтому приходится накладывать 6—8 слоев сегментов.

Описанный способ восстановления изоляции не требует специальных приспособлений, но трудоемок и требует аккуратного наложения и клейки сегментов. Поэтому в последнее время в практике ремонтных работ стали применять прессовку миканитовых манжет в пресс-формах с последующей выпечкой и механической обработкой по аналогии с заводской технологией производства манжет.

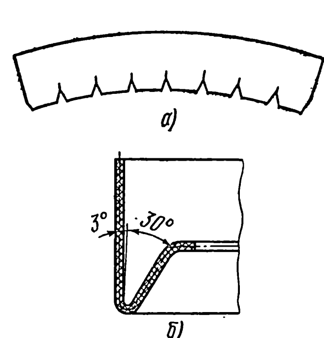


Рис. 41. Прессованная миканитовая манжета:
а — шаблон заготовки, *б* — готовая манжета

Чтобы изготовить новую манжету, делают стальную пресс-форму, матрица которой — разъемная, состоит из двух частей. Это упрощает процесс обработки матрицы, кроме того, при выемке спрессованной манжеты из пресс-формы внутренняя часть матрицы служит выталкивателем. При прессовке пуансон входит в матрицу. Все рабочие поверхности пресс-формы должны быть гладко отполированы во избежание прилипания чешуек слюды. Пресс-форму изготовляют по чертежам завода-изготовителя машины, так как снять размеры со старой манжеты очень трудно.

Для изготовления коллекторных манжет применяют формовочный миканит марки ФФГА. Он очень дорог, поэтому его часто заменяют формовочным слюдинитом, представляющим собой слюдинитовую бумагу, склеенную при помощи связующего вещества. Для вкладывания в пресс-форму миканит нарезают по специальному шаблону — развертке (рис. 41, *а*) усеченного конуса с уклоном 3°. После перегиба уклон увеличивается до 30°. Чтобы в манжете (рис. 41, *б*) не образовывались при этом складки, в заготовке делают вырезы. Заготовки для манжеты вырезают из листа миканита ножом по трафарету.

Нарезанные заготовки вкладывают в матрицу пресс-формы, подогретую до 120° С таким образом, чтобы ни в одном сечении манжеты не было больше одного стыка. Затем накладывают пуансон и прессуют манжету под прессом. После этого пресс-форму с манжетой ставят в

печь и запекают при 150° С в течение 2 ч, после чего вынимают из печи и охлаждают струей воздуха. Выступающие края манжеты сфрезеровывают дисковой фрезой вровень с краями пресс-формы и вынимают манжету из пресс-формы.

Перед сборкой коллектора тщательно осматривают обработанные поверхности пластин и удаляют все перемычки между ними, образующиеся при механической обработке, чтобы не получилось замыкания между соседними пластинами. Поверхности манжет тщательно зачищают, продувают сжатым воздухом и протирают ветошью, смоченной в спирте или бензине.

В процессе сборки коллектор должен быть подвергнут тепловым и механическим нагрузкам, превышающим те, которые он испытывает при работе машины. Это необходимо для сохранения его правильной формы и плотности прессовки пластин в течение всего срока службы машины. Нагрузки создаются при статической и динамической формовках коллектора.

Статическая формовка осуществляется после снятия прессовочного приспособления путем трехкратного нагрева коллектора. До и после каждого нагрева производят прессование давлением пресса на нажимную шайбу и подвертыванием гайки. Температуру нагрева каждый раз повышают и одновременно увеличивают его продолжительность. Коллектор, прошедший статическую формовку, обрабатывают по наружной поверхности, статически балансируют и передают на динамическую формовку.

Динамическая формовка заключается в нагреве коллектора с его одновременным вращением. При этом центробежная сила заставляет пластины прижиматься к коническим поверхностям миканитовых манжет, что гарантирует сохранение цилиндрической формы рабочей поверхности коллектора при работе машины. Для динамической формовки применяют специальные установки, в которых нагрев коллектора осуществляется электрическими спиралями, а вращение — приводным двигателем. Сначала проверяют биение коллектора в холодном состоянии индикатором. Затем поднимают температуру коллектора до 120—130° С, вращая его со скоростью, близкой к его рабочей скорости в машине.

Коллектор формуют в течение 2—3 ч, после чего определяют величину биения и подтягивают гайку кол-

лектора. Если разница между биениями в холодном и горячем состояниях превышает 0,04 мм, нажимную шайбу подпрессовывают под прессом с одновременным подтягиванием гайки. Радиально смещенные пластины отмечают мелом на нерабочей поверхности коллектора, после чего повторяют динамическую формовку, пока разница биений будет меньше 0,04 мм.

По окончании формовки застопоривают гайку коллектора винтом и насаживают его на вал машины. Окончательную обработку рабочей поверхности коллектора производят после припайки проводов обмотки к пластинам или петушкам, в зависимости от конструкции машины.

Заключительной операцией обработки коллектора является продороживание. В учебных мастерских применяют станки для продороживания коллекторов машин средней мощности.

На производственном предприятии учащимся придется ознакомиться с переносным станком для продороживания крупных коллекторов диаметром более 1 м (рис. 42). К лапам электродвигателя привернута пластина *11* с резиновыми амортизаторами, к подшипниковому щиту и станине — ручка для переноса продороживателя. На конец вала надета муфта *1* брони *2* гибкого валика *3*. Броня валика представляет собой гофрированную трубку из спирально завитой профилированной ленты, которая служит для защиты валика от механических повреждений и для сохранения смазки. Один конец гибкого валика соединен с валом электродвигателя, другой конец имеет наконечник *5*, соединенный с валиком *7* фрезы *8*, которую он приводит во вращение. Конец брони валика трубкой *4* прикреплен к рукоятке *6*. Рукоятки *6* и *10* ввернуты в корпус *9* продороживателя.

Во время работы фрезеровщик держит корпус продороживателя за обе рукоятки и продвигает фрезу вдоль пластин коллектора. Для удаления миканитовой пыли и мелкой медной стружки все установки для продороживания оборудуют вытяжной вентиляцией.

Коллекторы диаметром свыше 1,2 м обтачивают и продороживают до насадки на вал.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях требуется капитальный ремонт коллектора?
2. Как можно устранить неисправность, не снимая коллектора с вала?

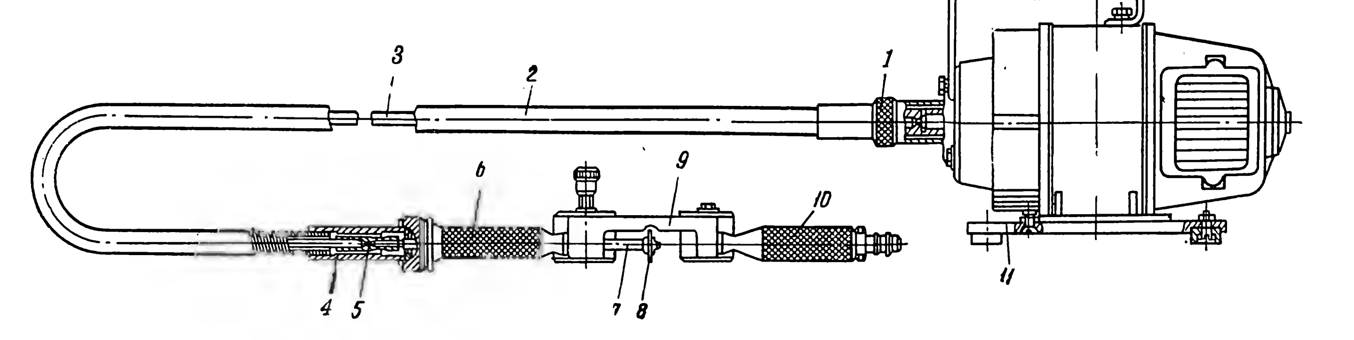


Рис. 42. Переносный станок для продороживания крупных коллекторов:

1 — муфта, 2 — броня гибкого валика, 3 — гибкий валик, 4 — трубка, 5 — наконечник, 6 и 10 — рукоятки, 7 — валик фрезы, 8 — фреза, 9 — корпус продороживателя, 11 — пластина с резиновым амортизатором

3. Как заменяют поврежденные коллекторные пластины?

4. Какими способами нарезают коллекторные пластины из полосы?

5. Почему необходима правка коллекторных пластин?

6. В чем заключается калибровка коллекторных пластин?

7. Как производится припайка петушков к коллекторным пластинам?

8. Какими свойствами обладает коллекторный миканит?

9. Как устроено приспособление для прессовки коллектора?

10. В какой последовательности производится токарная обработка коллектора?

11. Какими способами можно восстановить манжеты коллектора?

12. В чем заключаются статическая и динамическая формовки коллекторов?

РЕМОНТ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

Устройство контактных колец значительно проще устройства коллекторов, однако при прохождении этой темы производственного обучения также необходимы некоторые тренировочные упражнения. К ним относятся резка на рычажных ножницах заготовок изоляции для колец с холодной прессовкой на втулку и с горячей прессовкой на втулку, разборка контактных колец перед капитальным ремонтом, припайка к кольцам выводных пластин и др.

После выполнения тренировочных упражнений надо перейти к изолировке сначала втулок контактных колец с холодной прессовкой на втулку, а затем с горячей прессовкой. При этом учащиеся должны изучить правила работы на гидравлических прессах горизонтального и вертикального типов. При насадке на втулку контактных колец с горячей прессовкой учащиеся должны усвоить приемы захватывания и переноса при помощи специальных клещей горячих колец.

Затем учащиеся переходят к самостоятельному выполнению среднего и капитального ремонтов контактных колец различных конструкций. Особое внимание следует обратить на установку и соединение с кольцами контактных шпилек или пластин. Контактные кольца с болтовым креплением стали применять лишь в последнее время, однако в процессе производственного обучения необходимо ознакомить учащихся с процессами их сборки. В порядке совмещения профессий учащиеся производят операции обточки, шлифовки и полировки контактных колец.

Средний ремонт контактных колец

Условия работы контактных колец более легкие, чем коллекторов машин постоянного тока, потому что отсутствуют процессы коммутации, связанные с изменением направления тока. Но пусковые токи в этом случае в несколько раз превышают номинальные, поэтому может произойти повреждение рабочей поверхности колец. При среднем ремонте колец очищают потемнения и подгары

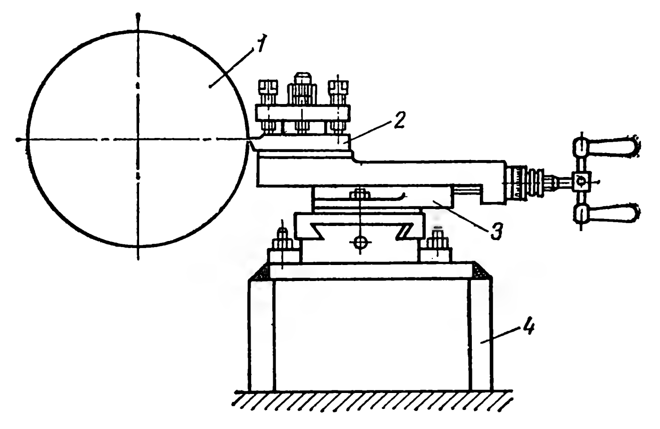


Рис. 43. Приспособление для обточки контактных колец:
1 — контактное кольцо, *2* — резец, *3* — суппорт, *4* — стойка

с их поверхности, устраняют замыкания между ними. Потемнения и подгары счищают стеклянной шкуркой мелких номеров. Если шкуркой их снять не удается, то разбирают двигатель и протачивают кольца на токарном станке, а затем шлифуют и полируют так же, как поверхность коллектора.

Причиной замыкания между контактными кольцами может быть щеточная пыль, которая оседает в промежутках между ними. В процессе среднего ремонта продувают кольца и покрывают электроэмалью их торцовые поверхности и перегородки между ними. На твердой блестящей поверхности эмалевого покрытия щеточная пыль не оседает, она сдувается потоками воздуха.

В синхронных машинах положительное кольцо изнашивается быстрее, чем отрицательное, в результате переноса частиц кольца на щетку. Чтобы кольца изнаши-

вались равномерно, периодически меняют их полярность. Если машину останавливают на длительное время, то между щетками и кольцами прокладывают кусочки бумаги, чтобы на кольцах не образовывались темные пятна в результате электролиза.

В крупных машинах проточку контактных колец можно производить, не разбирая машины и даже не снимая ее с фундамента. Для этого на фундаменте машины укрепляют стойку *4* (рис. 43) с привернутым к ней суппортом *3*. Резец *2* подводят к поверхности контактного кольца *1* и производят обточку. Таким образом экономится время на разборку и сборку машины и нет необходимости иметь большой токарный станок. При обточке ротор вращают от постороннего двигателя. Торец ротора и промежутки между кольцами должны быть защищены от попадания стружек. После обточки поверхность колец шлифуют колодкой, обтянутой стеклянной бумагой.

В машинах с приспособлением для замыкания колец проверяют состояние контактов, замыкающих кольца. Поверхность контактов должна быть чистой. Если есть потемнения и небольшие подгары, их счищают стеклянной бумагой или снимают личным напильником. При передвижении замыкающего кольца следят за тем, чтобы все три контактных кольца замыкались одновременно, иначе между ними может образоваться дуга.

Контрольные вопросы

1. Как счищают потемнения и подгары с контактных колец?
2. Отчего может произойти замыкание между контактными кольцами?
3. Почему в синхронных машинах контактные кольца изнашиваются неравномерно?
4. Для чего при консервации машин прокладывают бумажки между щетками и контактными кольцами?
5. Как устроено приспособление для проточки контактных колец на месте установки машин?
6. В чем заключается проверка приспособлений для замыкания контактных колец?

Капитальный ремонт контактных колец

Капитальный ремонт контактных колец производят при их износе, выгорании контактных шпилек, ослаблении посадки колец на втулке. В процессе капитального ремонта контактных колец приходится пользоваться гидравлическими прессами. Перед работой на прессах мас-

тер напоминает учащимся требования техники безопасности и указывает, что невыполнение их может привести к тяжелым травмам. До нагрева колец с горячей прессовкой на втулку учащиеся должны усвоить правила работы с горячим металлом, а также правила противопожарной безопасности.

Контактные кольца в процессе работы и при переточках изнашиваются. Когда диаметр колец достигает предельной величины, указанной в эксплуатационной документации завода-изготовителя машины, их заменяют, иначе при вращении они могут разорваться под действием центробежной силы. Новые кольца вытачивают из того же материала, из которого были сделаны старые кольца заводского изготовления. Для изготовления колец применяют трубу. Если же на внутренней поверхности колец есть приливы для контактных шпилек, кольца вытачивают из отливки. Обычно при съеме со втулки старых колец повреждается их изоляция. Способы восстановления изоляции зависят от конструкции колец, которая может быть с холодной и горячей прессовкой колец на втулку.

Конструкция контактных колец с холодной прессовкой на втулку очень проста, но для обеспечения их надежной работы в эксплуатации необходимо в процессе ремонта точно выдерживать все требования технологического процесса. Нарушение этих требований приводит к ослаблению прессовки колец при работе машины.

Изоляция колец от втулки состоит из нескольких полос изоляционного материала. Все применяемые материалы должны быть предварительно хорошо просушены и пропитаны. Плотность прессовки определяется величиной давления гидравлического пресса. Если давление ниже предписанного, прессовку прекращают и добавляют еще один слой изоляции. Превышение величины давления может вызвать разрыв кольца, поэтому надо снять один слой изоляции. Отрегулировав величину давления, запрессовывают втулку контактных колец в отверстие разрезной гильзы и выбивают дистанционные прокладки между кольцами.

Во избежание замыканий между контактными кольцами вследствие оседания щеточной пыли промежутки изоляции между кольцами и их торцы окрашивают электроэмалью и просушивают в печи. К твердой гладкой

поверхности электроэмали щеточная пыль не прилипает, она сдувается с колец.

После ремонта контактные кольца снова насаживают на вал при помощи гидравлического пресса. При этом следят за тем, чтобы контактные шпильки пришлись против выводных концов обмотки ротора.

При горячей прессовке контактных колец на втулку изолируют ее наружную поверхность формовочным миканитом толщиной 0,5—0,7 мм в несколько слоев. Нарезают на рычажных ножницах требуемое число миканитовых заготовок, смазывают поверхность втулки и одну сторону заготовки лаком и сушат на воздухе не менее 20 мин.

Подогревают заготовку на электрической плитке до размягчения миканита, кладут лакированной стороной на холодную втулку и прижимают по всей окружности лоскутом бязи. Так же укладывают следующие заготовки, смещая их на величину шага наложения. Дойдя до первой заготовки, приподнимают ее над поверхностью втулки лопаткой и продолжают накладывать полоски миканита. Последнюю заготовку смазывают лаком, вынимают лопатку и прижимают заготовки друг к другу в месте стыка лоскутом бязи. Поверх изоляции обертывают втулку двумя слоями телефонной бумаги.

На электромашиностроительных заводах изоляцию втулки коллектора прессуют в конических кольцах с разрезными плашками. В ремонтных условиях это потребовало бы изготовления прессующего кольца для каждого нового типа контактных колец, поэтому применяют метод прессовки при помощи намотки бандажной проволоки. Поверх изоляции втулку обертывают стальным листом, который прикрепляют стальной проволокой. Втулку надевают на оправку и устанавливают на бандажировочный станок. Намотку начинают от середины втулки и ведут к торцу, это помогает избежать утолщения изоляции в середине втулки. Забандажированную втулку ставят в электрическую печь для запекания слоев изоляции. Перед посадкой колец изолированную поверхность втулки обрабатывают резцом на токарном станке. Плотность изоляции проверяют постукиванием ее поверхности металлическим молоточком.

Для насадки контактных колец изолированную втулку устанавливают на ровной плите. Расстанавливают равномерно по окружности вокруг втулки четыре под-

ставки для фиксации положения первого кольца относительно ее торца. Кольцо нагревают до 350—450° С и надевают на втулку, легко ударяя по нему свинцовой кувалдой. Затем на первое кольцо устанавливают четыре стальные подставки требуемой высоты и насаживают второе нагретое кольцо.

Насаженные на втулку контактные кольца охлаждают вентилятором или струей сжатого воздуха. Проверяют изоляцию колец на электрическую прочность и производят механическую обработку, оставляя припуск на окончательную обработку после насадки их на вал ротора. Изоляцию втулки покрывают электроэмалью и сушат на воздухе. Затем изоляцию бандажируют льнопеньковым шнуром или киперной лентой во избежание выветривания миканита.

При выгорании контактных шпилек их заменяют новыми. Шпильки изолируют миканитом, затем бандажируют стальной проволокой, запекают изоляцию в печи и разматывают проволоку. В контактных кольцах сверлят новые отверстия для ввертывания шпилек и прохода шпилек соседних колец.

При ослаблении посадки контактных колец на втулке накладывают поверх изоляции гильзу из жести и прессуют на нее кольца. Части гильзы между кольцами вырезают на токарном станке и затем ввертывают контактные шпильки.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях производят капитальный ремонт контактных колец?
2. Из каких заготовок вытачивают контактные кольца?
3. Как производится замена изоляции в контактных кольцах с холодной прессовкой на втулку?
4. Как производят изолировку втулки миканитом?
5. Каким способом запекают миканитовую изоляцию?
6. Для чего контактные кольца нагревают перед насадкой на втулку?
7. Как заменяют выгоревшие контактные шпильки?
8. Каким образом восстанавливают слабую посадку колец на втулке?

РЕМОНТ ЩЕТОЧНОГО АППАРАТА

Начинать прохождение этой темы следует с разборки щеточного аппарата машин, поступающих в ремонт. При разборке учащиеся должны нанести риски на траверсу щеткодержателей и подшипниковый щит.

Разборку щеточного аппарата машин постоянного тока надо производить в такой последовательности:

отсоединить от щеточных пальцев провода, идущие к полюсным катушкам и дощечке зажимов;

снять провода, соединяющие щеточные пальцы одинаковой полярности;

вынуть щетки из обойм щеткодержателей;

снять подшипниковый щит;

вывернуть стопорный болт, крепящий траверсу;

снять траверсу с заточки подшипникового щита;

отвернуть болты хомутиков траверсы и снять щеточные пальцы вместе со щеткодержателями;

отвернуть щеткодержатели от щеточных пальцев.

После ремонта сборку щеточного аппарата производят в обратной последовательности.

В процессе прохождения этой темы учащиеся должны определять давление щеток на коллектор динамометрами, измерять зазоры между обоймами и щетками щупами. Для притирки щеток следует пользоваться специальными станками с пылеулавливающими приспособлениями. Ремонт щеточного аппарата значительно проще, чем коллекторов и контактных колец, поэтому при прохождении этой темы учащиеся могут самостоятельно выполнять все процессы ремонта. Ниже дается подробное описание среднего и капитального ремонтов щеточного аппарата.

Средний ремонт щеткодержателей и траверс

Средний ремонт щеткодержателей заключается в проверке давления щеток на коллектор или контактные кольца, крепления щеткодержателей на пальцах и замене изношенных щеток.

Давление щеток на коллектор или контактные кольца проверяют пружинным динамометром, зацепляя его за рычаг щеткодержателя и направляя по радиусу коллектора. Величина давления должна быть равна произведению площади контактной поверхности щетки на удельное давление для данной марки щетки. В машинах постоянного тока давление всех щеток, сидящих на одном пальце, должно быть одинаковым, иначе щетки с бо́льшим давлением будут перегружены по току, а с меньшим давлением — недогружены. Если разность давлений превышает 10% номинального давления, щеткодержатели регулируют.

В щеткодержателях старых типов давление щеток ослабевало по мере их износа, поэтому при износе щеток приходилось подтягивать пружины специальными регулировочными винтами. Это сильно осложняло эксплуатацию машин постоянного тока. У современных щеткодержателей нет регулировочных винтов, а давление щетки на коллектор остается неизменным как для новой щетки, так и для изношенной. Это достигается тем, что при уменьшении высоты щетки усилие пружины ослабевает, но увеличивается плечо силы относительно точки вращения рычага, и момент силы, а следовательно, давление щетки на коллектор остается постоянным.

При ослаблении крепления щеткодержателей на пальцах подтягивают болты, крепящие щеткодержатель. По мере проточек коллектора расстояние от его поверхности до нижней кромки щеткодержателя увеличивается, что ухудшает работу щетки. (Это расстояние должно быть около 3 мм.) В задней стенке корпуса щеткодержателя имеется продолговатая щель, через которую можно, ослабив затяжку болтов, крепящих щеткодержатель к пальцу, опустить его, восстановив прежнее расстояние между ним и коллектором.

При износе щетки заменяют новыми той же марки. Установка щеток разных марок неизбежно приведет к неравномерному распределению токовой нагрузки между ними и повышенному искрению. У щеток, поступающих с завода-изготовителя, контактная поверхность плоская, а они должны иметь вогнутую поверхность, радиус которой должен быть равен радиусу коллектора или контактных колец, поэтому щетки притирают. Раньше притирку щеток производили в собранной машине, протаскивая под щеткой полоску стеклянной бумаги. На это расходовалось много времени, и внутреннее пространство машины загрязнялось щеточной пылью. Теперь щетки притирают вне машины в специальных приспособлениях.

Вначале механическую притирку щеток применяли только для машин малой мощности, когда трудно было хорошо притереть щетки в собранной машине. Затем эту операцию стали использовать и для крупных машин, так как она вполне себя оправдала с точки зрения повышения производительности труда и культуры производства. Сейчас на электромашиностроительных заво-

дах применяют станки для притирки щеток при диаметрах коллектора до 600 мм и более. В них вставляют траверсу с собранными щеткодержателями. Устройство этих станков настолько просто, что их можно изготовить в любой электроремонтной мастерской.

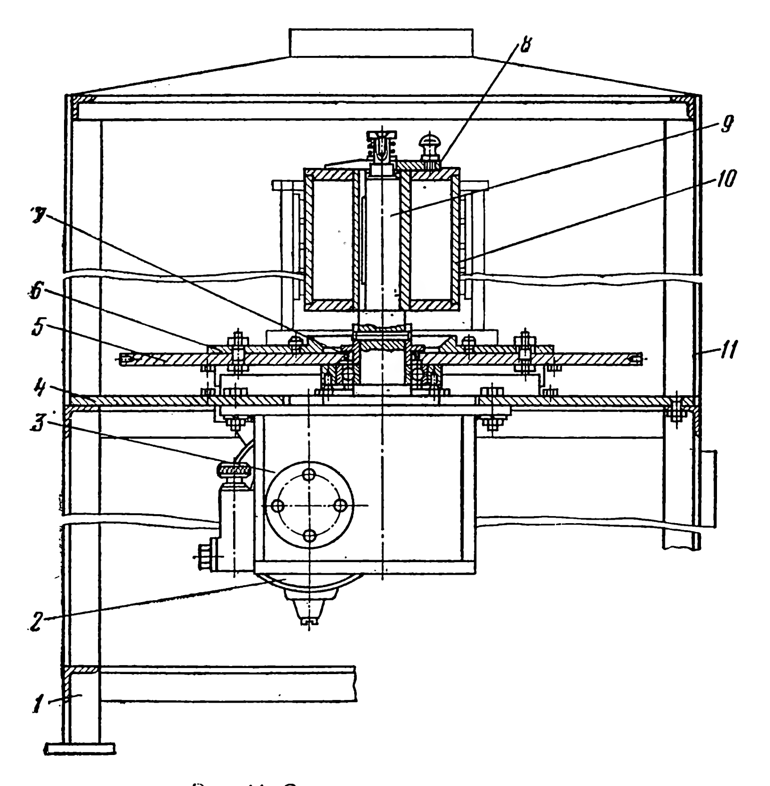


Рис. 44. Станок для притирки щеток:

1 — корпус станка, *2* — электродвигатель, *3* — редуктор, *4* — плита, *5* — поворотный стол, *6* — фиксаторная шайба, *7* — сальниковое уплотнение, *8* — клиновой прижим, *9* — вал, *10* — стальной барабан, *11* — кожух

Станок для притирки щеток (рис. 44) имеет сварную станину, к которой болтами привернута плита *4*. На нижней части плиты смонтирован одноступенчатый червячный редуктор *3* имеющий на выходном конце скорость вращения 10—20 об/мин. К входному валу редуктора присоединен электродвигатель *2*. На валу *9* за-

креплен поворотный круглый стол *5*, к которому прикреплена фиксаторная шайба *6* с бортиком. Диаметр бортика соответствует внутреннему диаметру траверсы. Фиксаторную шайбу подбирают в зависимости от диаметра траверсы.

На верхнюю часть вала надет стальной барабан *10*, наружный диаметр которого без удвоенной толщины стеклянной шкурки равен диаметру коллектора. Барабан закреплен клиновым прижимом *8*. По окружности барабан обернут стеклянной шкуркой, концы которой введены в паз и укреплены прижимом. Для притирки щеток применяют стеклянную шкурку зернистостью 150, что обеспечивает хорошую поверхность щеток.

Щетки притирают на станке следующим образом. Траверсу щеткодержателей с собранными на ней пальцами и щеткодержателями надевают на фиксаторную шайбу. Щетки вставляют в обоймы и прижимают к барабану пружинами щеткодержателей, после чего включают двигатель. Продолжительность притирки щеток около 1 мин. Во время притирки щеток выделяется большое количество угольно-графитовой пыли, поэтому приспособление монтируют в вытяжном шкафу, имеющем дверь. Во избежание попадания пыли в механизм станка предусмотрены сальниковые уплотнения *7* и лабиринтовый кожух *11*.

Окончательную притирку щеток к поверхности коллектора, при которой они получают зеркальный блеск, производят при работе машины вхолостую после ее сборки.

Средний ремонт траверс заключается в проверке крепления щеточных пальцев, сдвига щеток по длине коллектора, установке щеток в нейтралях.

Крепление щеточных пальцев проверяют, покачивая их за концы, противоположные траверсе. При большой длине пальцы скрепляют со стороны петушков коллектора при помощи кольца из изоляционного материала, которое крепят болтами, ввернутыми в торцы пальцев. В процессе текущих осмотров машины стирают щеточную пыль с изоляции траверсы во избежание ее пробоя. Концы щеточных пальцев закрепляют в головках траверсы со сдвигом с таким расчетом, чтобы на каждой кольцевой дорожке коллектора было установлено одинаковое количество отрицательных и положительных щеток.

Сдвиг щеток по длине коллектора проверяют линейкой от торца коллектора. Щеточные пальцы не должны иметь перекосов по отношению к образующей коллектора, т. е. все щетки данного пальца должны касаться края медной пластины коллектора. Расстояния между щетками разных пальцев, измеренные по окружности коллектора, должны быть одинаковыми. Это проверяют стальной рулеткой с миллиметровыми делениями, которую обратной стороной прикладывают к поверхности коллектора и измеряют расстояния между щетками каждой пары пальцев.

Установка щеток в нейтралях — основное назначение траверсы. Если после сборки в машине наблюдается искрение под щетками, усиливающееся при нагрузке, то проверяют их положение. Для этого отключают машину от сети и при неподвижном якоре подводят к обмотке возбуждения от постороннего источника напряжение около 12 В, а к зажимам якоря подключают вольтметр на 1,5—3 В. Перемещая траверсу по коллектору в обе стороны, находят такое положение, при котором стрелка вольтметра не отклоняется во время замыкания и размыкания цепи возбуждения.

Правильное положение поворотной траверсы можно также установить по рискам на ней и подшипниковом щите, которые проводят в процессе контрольных испытаний машины на испытательной станции. Эти риски должны совпадать. В установленном положении траверсу фиксируют стопорным болтом. Болт ввертывают в обод траверсы и упирают концом в заточку подшипникового щита, на которую надета траверса.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается средний ремонт щеткодержателей?
2. Как проверяют величину давления щеток на коллектор?
3. Как регулируют расстояние между щеткодержателем и коллектором?
4. Расскажите об устройстве станка для притирки щеток?
5. В чем заключается средний ремонт траверс щеткодержателей?
6. Для чего щетки сдвигают вдоль коллектора?
7. Чем проверяют расстояния между щетками разных пальцев?
8. Как проверяют установку щеток в нейтралях?

Капитальный ремонт щеткодержателей и траверс

Капитальный ремонт щеткодержателей машин постоянного тока заключается в восстановлении изношенных обойм и замене пружин, потерявших упругость вследствие явления усталости металлов.

В процессе работы машины щетки несколько раз заменяют новыми, а обоймы щеткодержателей остаются прежними, хотя они также изнашиваются. Износ обойм происходит в результате вибрации щеток при вращении коллектора. Еще больше изнашиваются обоймы щеткодержателей при искрении между щеткой и обоймой, если нет контакта в щеточном канатике. Увеличенный зазор между щеткой и обоймой приводит к тому, что щетка перекашивается в обойме и может даже заклиниться в ней. Это особенно опасно у машин с переменным направлением вращения, так как ухудшается прилегание щеток к коллектору при реверсировании.

При капитальном ремонте машины проверяют зазор между щетками и обоймами щеткодержателей. Величина суммарного зазора по окружности коллектора должна быть 0,05—0,30 мм. В направлении длины коллектора допускаются примерно в два раза бо́льшие зазоры, чем в направлении его окружности.

Изношенные обоймы восстанавливают методом металлизации или наплавки, затем обрабатывают дорнованием и притиркой. Щеткодержатели с поломанными стенками заменяют новыми. Не рекомендуется латунные литые щеткодержатели заменять штампованными, так как нельзя выдержать размеры обойм последних с требуемой точностью и чистотой поверхности.

Пружины, потерявшие упругость, заменяют новыми, навитыми из стальной проволоки. Диаметр оправки, на которую навивают пружины, должен быть несколько меньше внутреннего диаметра пружины, так как после навивки диаметр пружины увеличивается вследствие упругости.

Поломанные траверсы заменяют новыми, так как при сварке отломанных частей неизбежно нарушится точность установки щеточных пальцев, а это ухудшит коммутацию машины. Отлитую из чугуна траверсу обрабатывают на станках. Подрезают торцы обода и растачивают внутреннее отверстие для надевания траверсы на заточку подшипникового щита.

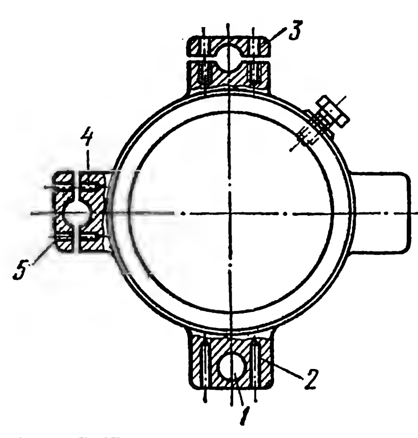


Рис. 45. Порядок обработки траверсы щеткодержателей:

1 — отверстие в головке траверсы, 2 — отверстие под резьбу, 3 — верхняя половина хомутика, 4 — резьба в головке, 5 — проходное отверстие

Обработку головок для зажима щеточных пальцев производят в такой последовательности. Сверлят по кондуктору отверстия *1* (рис. 45) для пальцев и по два отверстия *2* под резьбу для болтов. Отрезают дисковой пилой верхние половины *3* хомутиков и привязывают их к тем местам, от которых они были отрезаны. Нарезают резьбу *4* для болтов и рассверливают отверстия *5* для прохода болтов в верхних половинах хомутиков. Свертывают хомутики болтами.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается капитальный ремонт щеткодержателей?
2. Как восстанавливают изношенные обоймы щеткодержателей?
3. К чему приводит работа щеток при изношенных обоймах?
4. Как изготовляют новые пружины щеткодержателей?
5. В какой последовательности обрабатывают траверсы?

РЕМОНТ МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ

Перед прохождением этой темы производственного обучения следует обратить внимание учащихся на то, что в отличие от предыдущих тем здесь они будут иметь дело только с металлическими деталями. Процессы соединения металлических деталей значительно проще, чем электрических, в которых всегда имеются изоляционные материалы. Требуемая точность размеров соединяемых деталей достигается при обработке их на металлорежущих станках. Следует напомнить учащимся основные положения о допусках и посадках, благодаря которым достигается взаимозаменяемость деталей, исключающая подбор и пригонку деталей при сборке.

Тема «Ремонт механических частей» в основном базируется на принципах, излагаемых при прохождении слесарного дела, поэтому специальных тренировочных упражнений не требуется. Следует проверить, насколько учащиеся освоили измерительные инструменты (штангенциркуль, микрометр, калибры), а также чтение чертежей механических деталей.

Рассмотрим ремонт валов электрических машин, замену их подшипников качения, ремонт станин и подшипниковых щитов.

Ремонт валов

Ремонт валов заключается в выправлении их искривлений, восстановлении изношенных поверхностей и замене поломанных валов новыми.

Искривление вала может произойти при повреждении подшипников, когда из-за проседаний или сильной вибрации ротора вал задевает за уплотнение подшипника. Чтобы измерить величину искривления вала, устанавливают ротор в центрах токарного станка и проверяют биение концов вала индикатором. Наибольшее отклонение стрелки индикатора по направлению часовой стрелки соответствует максимальной выпуклости вала, против часовой стрелки — максимальной впадине вала.

Валы двигателей малой мощности правят наклепыванием при помощи чеканки, изготовленной из зубила, у которого сточен острый конец и скруглены грани. Ротор устанавливают вогнутой стороной кверху; в месте максимального прогиба под него подкладывают жесткую опору.

Наклепывание начинают с верхней точки вала. Постепенно передвигают чеканку вниз по окружности, наклепывая вал попеременно то с одной, то с другой стороны от верхней точки. Наклеп должен занимать одну треть окружности. При наклепывании наружные слои металла расширяются и заставляют вал выпрямиться. Если в результате наклепывания изгиб вала не устраняется, производят второе наклепывание, отступая от первого на 10—15 мм.

Валы большого диаметра правят термомеханическим способом. Для этого вал в месте изгиба нагревают до 600° С и выправляют давлением пресса или домкрата. Термомеханическую правку производят на плите или

раме, так как сильное давление на вал, установленный в центрах станка, может повредить подшипники станка.

Обучение учащихся правке валов рекомендуется сначала производить на бракованных валах, так как учащиеся должны получить навыки правки. После этого переходят к правке валов ремонтируемых роторов.

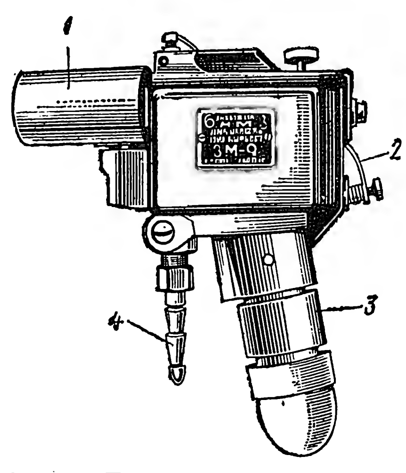


Рис. 46. Пистолет для металлизации изношенных поверхностей:

1 — сопло, *2* — электродная проволока, *3* — рукоятка, *4* — штуцер для соединения с сетью сжатого воздуха

В процессе ремонта приходится снимать с вала детали, насаженные на него с прессовой посадкой. При каждом съеме и повторном надевании деталей поверхность вала изнашивается и натяг посадки уменьшается. Наиболее совершенным способом восстановления изношенных поверхностей вала является металлизация при помощи специального пистолета. Она заключается в нанесении на изношенную поверхность слоя металла, распыляемого в расплавленном состоянии.

Пистолет для металлизации представляет собой переносный прибор (рис. 46), присоединяемый к источнику электрического тока и сети сжатого воздуха. В пистолет заправляют конец проволоки *2*, являющейся электродом. Непрерывная подача проволоки осуществляется рифлеными роликами, приводимыми во вращение воздушной турбинкой, вмонтированной в пистолет. Попадая в область электрической дуги, горящей в полости пистолета, проволока расплавляется, и жидкий металл выдувается мощным потоком сжатого воздуха через сопло *1* на металлизируемую поверхность. Остывший вал обрабатывают на токарном или шлифовальном станке.

Равномерный слой наплавляемого металла получают путем подбора правильного соотношения скоростей перемещения вала и пистолета, поэтому обучение учащихся начинают на пробных отрезках вала, после чего

переходят к ремонтируемым валам. Основным условием хорошей металлизации является подготовка поверхности. Следы окалины, грязи, масла приводят к браку, выражающемуся в отслаивании наплавленного металла. Обычно на поверхности вала нарезают мелкую резьбу с шагом около 1 мм без подачи на резец охлаждающей жидкости. Наплавляемый металл прочно сцепляется с нитками резьбы. Преимущество металлизации перед применявшимися ранее способами наварки изношенных поверхностей заключается в том, что при металлизации получается более чистая поверхность, вал не ослабляется и не искривляется.

Наиболее часто ломается выступающий конец вала или место насадки на него подшипника со стороны привода. Причиной поломки является концентрация напряжений в местах перехода от одного диаметра вала к другому, особенно, если переходная ступень ослаблена шпоночной канавкой.

При поломках вала единственным надежным способом ремонта является его выпрессовка и замена новым, выточенным по размерам старого вала. Приварка отломленного конца вала недопустима, так как в месте сварки вал оказывается сильно ослабленным. Выпрессовку сломанного вала очень просто произвести у асинхронных двигателей с ротором, залитым алюминием, так как его сердечник при выпрессовке вала не рассыпается и может быть насажен на новый вал. В единых сериях электрических машин опасные сечения вала значительно усилены и поломки их происходят очень редко.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях вал искривляется?
2. Как устранить искривления чеканкой?
3. В какой последовательности производят наклепывание вала?
4. В чем заключается термомеханический способ правки валов?
5. Отчего изнашиваются шейки вала?
6. Как производят металлизацию изношенных поверхностей вала?
7. Какие преимущества имеет металлизация перед наваркой?
8. Почему нельзя сваривать поломанные валы?

Замена подшипников качения

Все современные электрические машины тех мощностей, которые охватываются программой производственного обучения, выполняются с подшипниками качения. Поэтому ремонт подшипников скольжения, приме-

няемых только в крупных машинах, здесь не рассматривается.

Вышедшие из строя подшипники качения не ремонтируют, а заменяют новыми. При разборке машины проверяют годность подшипников качения к дальнейшей работе и в случае необходимости заменяют их новыми. Лучше всего проверить состояние подшипников до разборки машины, поступившей в ремонт. Для этого при работе машины вхолостую в течение 1 ч наблюдают за температурой подшипников и прослушивают шумы и стуки в них. Температура нагрева исправного подшипника с чистой смазкой не должна превышать температуру подшипникового щита более чем на 5—10° С. При работе машины должен слышаться лишь легкий, равномерный шелест. Большой нагрев и сильный шум, а особенно перемежающиеся стуки указывают на неисправность подшипника. При известном навыке по характеру шумов и стуков можно почти безошибочно определить характер неисправности. Поэтому необходимо привлекать учащихся к процессам дефектации поступивших в ремонт машин.

При осмотре подшипников качения прежде всего обращают внимание на состояние смазки: если она пересохла, надо ее заменить. Смазку удаляют деревянными лопатками и протирают подшипник сначала сухими тряпками, а затем смоченными в бензине. Протирку продолжают до тех пор, пока полностью не удалят старую смазку и грязь.

После этого проверяют легкость вращения подшипника. При вращении наружного кольца не должно быть заеданий, притормаживаний и ненормального шума, которые показывают, что на поверхности дорожек, шариков или роликов есть дефекты. При осмотре сепаратора проверяют, нет ли обрывов заклепок, трещин, надрыва ленты штампованного сепаратора. Проверяют также, не касается ли сепаратор наружного или внутреннего кольца подшипника. Непригодный к дальнейшей работе подшипник снимают любым съемником. Иногда его даже подогревают паяльной лампой.

Если подшипник исправен и его приходится снимать с вала для разборки машины, то применяют специальные съемники, захватывающие подшипник за внутреннее кольцо, чтобы усилие стягивания не передавалось на шарики.

Съемник (рис. 47) представляет собой плиту *1* с полукруглым отверстием для вала и двумя прорезями, в которые вставляют штифты сменных плиток *2*. Размеры плиток подбирают по диаметру вала. Плита и планка *4* соединены между собой двумя стальными шпильками *3*. В центре планки сделано отверстие с нарезкой, в которое ввертывают винт *5*, упирающийся в торец вала.

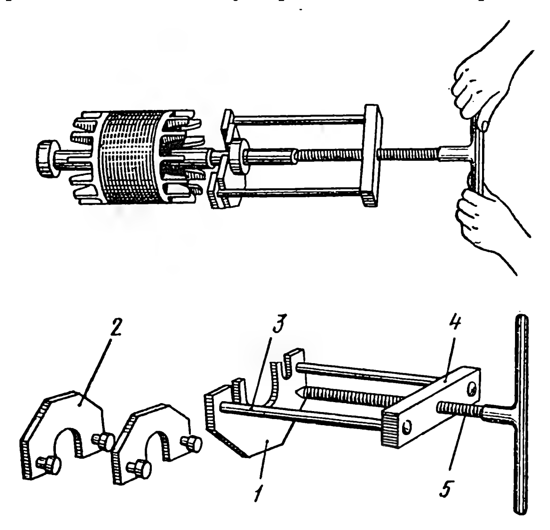


Рис. 47. Съемник для шарикоподшипников:
1 — плита, *2* — сменная плитка, *3* — стальная шпилька, *4* — планка, *5* — винт

При сборке подшипники качения нагревают в масляной ванне до 80—90° С. Нагретый подшипник легко надевается на вал. В случае заедания подшипник доводят до упора в галтель вала при помощи трубы с ободком из мягкого металла. Камеры подшипников заполняют примерно на половину консистентной смазкой. (Чрезмерное количество смазки вызывает нагрев подшипника.) Этой же смазкой заполняют промежутки между шариками или роликами и канавки уплотнений в крышках подшипников, чтобы защитить подшипник от попадания пыли и грязи.

Смазка в подшипниках качения имеет следующее назначение: уменьшает трение между роликами или шариками и сепаратором, а также между бортами колец

и торцами роликов; предохраняет подшипники от коррозии; защищает их от попадания грязи из окружающей среды; равномерно распределяет тепло и отводит его от подшипников; смягчает удары шариков или роликов о кольца и снижает шумы.

Для смазки подшипников электрических машин применяют консистентные смазки, представляющие собой мазеобразные смазочные материалы, получаемые сгущением смазочных масел. Загуститель создает каркас, в клетках которого находится смазочное масло. Свойства консистентных смазок определяются составом загустителя. Наиболее широко распространены смазки, изготовленные на кальциевых и натриевых мылах.

Контрольные вопросы

1. Как проверяют годность подшипников качения?
2. Расскажите об устройстве съемника для шарикоподшипников.
3. Какое назначение имеет смазка подшипников качения?
4. Какие смазки применяют для подшипников электрических машин?

Ремонт станин и подшипниковых щитов

Ремонт чугунных станин и подшипниковых щитов заключается в заварке трещин, приварке отломанных частей, восстановлении изношенных посадочных поверхностей и поврежденных резьб.

Трещины в чугуне заваривают в горячем состоянии ацетилено-кислородным пламенем. Деталь разогревают в печи до 700—800° С для снятия внутренних напряжений и дают ей медленно остыть вместе с печью.

Отломанные части приваривают. Чаще всего приходится приваривать лапы станин и ушки подшипниковых щитов. Лапы станины ломаются в случае притягивания их болтами к неровному основанию, ушки подшипниковых щитов — при неправильных методах разборки машины, когда щит отделяют от станины не с помощью отжимных болтов, а забивая зубило в щель между торцом станины и ушками щита.

Изношенные посадочные поверхности чаще всего приходится восстанавливать в местах посадки подшипников качения. Подшипниковый щит растачивают до большего диаметра и запрессовывают в него стальную втулку, которую растачивают до требуемого размера.

Если невозможно расточить деталь до большего размера вследствие очень тонких стенок, изношенные посадочные поверхности восстанавливают методом металлизации.

В случае срыва ниток резьбы отверстие рассверливают до большего диаметра, нарезают в нем резьбу и ввертывают в нее пробку с требуемым внутренним диаметром резьбы.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается ремонт чугунных станин и подшипниковых щитов?
2. Как производят заварку трещин?
3. Отчего ломаются лапы станин и ушки подшипниковых щитов?
4. Как восстанавливают изношенные посадочные поверхности?

СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСЛЕ РЕМОНТА

ОСОБЕННОСТИ СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Отремонтированные детали и сборочные единицы электрических машин поступают в сборочное отделение электроремонтного цеха. Сборку надо выполнять в соответствии с установленными технологическими процессами, применяя необходимые приспособления. При неправильной сборке можно повредить детали машины, особенно обмотки, магнитные сердечники, шейки валов, подшипники.

Электрослесарю по ремонту электрических машин приходится разбирать и собирать машины различных конструкций, в том числе импортные, в то время как слесарь-сборщик на электромашиностроительном заводе собирает машины одной серии. Поэтому обучение процессам сборки необходимо проводить на машинах разных типов и конструкций, чтобы у учащихся выработались определенные навыки, необходимые для дальнейшей самостоятельной работы. При ремонте машин, попадающих в ремонтный цех впервые, их разборку и сборку обычно поручают одной и той же бригаде электрослесарей.

Сборку электрических машин значительно облегчают пометки, сделанные при разборке. Это в первую очередь относится к электрическим соединениям. При их разборке на разъединяемые провода навешивают картонные бирки с буквенными или цифровыми обозначе-

ниями обоих проводов. В машинах постоянного тока и синхронных перенумеровывают полюса с катушками и отмечают их положение в станине или на роторе, а также расположение и количество прокладок под полюсами, чтобы не нарушить равномерность воздушного зазора по окружности ротора. Во избежание нарушения балансировки ротора отмечают положение вентилятора относительно него.

Сборка — операция, обратная разборке, однако при сборке появляются специфические технологические процессы и применяются приспособления, которые не требуются при разборке. Особенность операций сборки заключается в том, что соединяемые детали приходится перед скреплением их болтами сближать таким образом, чтобы они были параллельны и соосны по отношению друг к другу. Это в первую очередь относится к таким деталям, как подшипниковые щиты, станины, сердечники ротора и статора. Если собираемые детали имеют большую массу, пользуются различными приспособлениями и грузоподъемными механизмами.

Для обеспечения правильной сборки учащиеся должны иметь перед собой чертеж общего вида с разрезами машины, чтобы знать взаимное расположение деталей и не повредить лобовые части обмотки, контактные кольца или коллектор, щеткодержатели. Наиболее ответственной операцией является ввод ротора в расточку статора, особенно асинхронных двигателей с малым зазором между статором и ротором.

Контрольные вопросы

1. Какие детали электрических машин могут быть повреждены при неправильной сборке?
2. В чем заключаются особенности работы электрослесаря по ремонту электрических машин?
3. Какое значение при сборке электрической машины имеют пометки, сделанные при ее разборке?
4. Чем отличаются процессы сборки от аналогичных операций разборки?
5. В каких случаях применяют приспособления при сборке?
6. Почему при сборке необходим чертеж общего вида электрической машины?

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СБОРКЕ

Сборку электрических машин массой до 30 кг можно производить вручную без применения специальных сборочных приспособлений. При сборке более крупных

машин для облегчения ручных операций применяют различные приспособления.

При отсутствии подъемного крана пользуются простым приспособлением, состоящим из двух балок *1* швеллерного сечения (рис. 48), которые крепят к грузовым винтам станины. Вдоль балок перекатываются ро-

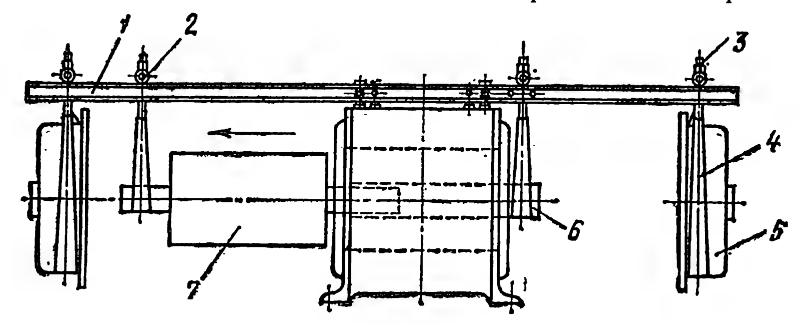


Рис. 48. Приспособление для сборки двигателей:

1 — швеллерная балка, *2* — ролик, *3* — гайка, *4* — грузовая лента, *5* — подшипниковый щит электродвигателя, *6* — удлинительная труба, *7* — ротор электродвигателя

лики *2*, к которым подвешены грузовые ленты *4* для подшипниковых щитов *5* и шеек вала ротора *7*. При помощи гаек *3* можно менять высоту подвески деталей по отношению к статору. Для ввода ротора в статор на конец вала надевают удлинительную трубу *6*, обернув шейку вала листом картона. Этим приспособлением можно пользоваться и при разборке электрических машин.

При каждой сборке приходится надвигать подшипниковые щиты на наружные кольца шарикоподшипников. Это требует приложения больших усилий, поэтому ударяют по торцу подшипникового щита молотком, в результате чего часто происходят поломки чугунных или алюминиевых щитов. Значительно упрощается процесс сборки щитов при нагревании их ступиц, когда внутреннее отверстие щита увеличивается и он свободно надвигается на шарикоподшипник.

Для нагрева щитов при сборке пользуются различного рода электрическими нагревателями, один из которых показан на рис. 49. Внутри алюминиевого корпуса *1* на шпильках *3* закреплены четыре изолятора *4*.

В корпусе установлен трубчатый электронагреватель 2 мощностью 1,5 кВт. К корпусу крепится ручка 5 для переноса нагревателя. Спираль нагревателя присоединяют к электрической сети напряжением 220 В. Подшипниковый щит устанавливают на заземленную металлическую плиту, вводят нагреватель в горловину щита, включают ток и нагревают ступицу щита до 85—95° С.

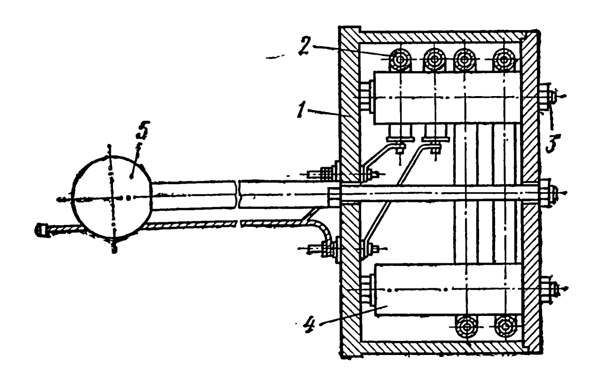


Рис. 49. Нагреватель для подшипниковых щитов:
1 — корпус нагревателя, *2* — трубчатый электронагреватель, *3* — шпилька, *4* — изолятор, *5* — ручка

При соединении подшипниковых щитов со станиной применяют нагреватели индукционного типа. При этом нагревают горловину станины у двигателей с внутренним замком или обод щита у двигателей с наружным замком.

Заключительным этапом сборки является надевание шкива или полумуфты на конец вала двигателя. Следует предупредить учащихся, что ни в коем случае нельзя насаживать шкив на вал ударами, причиняющими большой вред подшипникам качения. Бывали также случаи, когда при сильных ударах по шкиву происходило перемещение сердечника ротора вдоль вала. Это вызывало смещение магнитных осей статора и ротора и увеличивало ток холостого хода асинхронного двигателя.

Для насадки на вал электрической машины шкивов, полумуфт и других деталей пользуются винтовым приспособлением (рис. 50). Предварительно снимают

крышку подшипника со стороны, противоположной приводу. Приспособление состоит из двух швеллерных балок *1* и *4*, стянутых шпильками *3*. В одной из балок установлен шкворень *5*, который упирают в торец вала. В другую балку вставлена гайка *6*. Вращая винт *2* воротком, производят давление на торец шкива и надвигают его на конец вала. Усилие насадки воспринимается валом машины и не передается на ее подшипники.

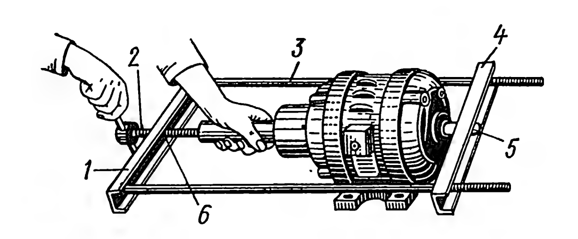


Рис. 50. Приспособление для насадки шкивов на вал:

1 и *4* — швеллерные балки, *2* — винт, *3* — шпилька, *5* — шкворень, *6* — гайка

После сборки электрической машины измеряют зазоры между статором и ротором для проверки равномерности воздушного зазора. Для этого пользуются набором щупов, представляющих собой длинные тонкие стальные пластинки. Следует научить учащихся пользоваться щупами и определять среднюю величину воздушного зазора.

Контрольные вопросы

1. Объясните устройство приспособления, изображенного на рис. 48.
2. Как регулируют приспособление для ввода ротора в расточку статора?
3. Почему происходят поломки подшипниковых щитов при сборке?
4. Как устроен нагреватель для ступиц подшипниковых щитов?
5. Почему нельзя надевать шкив или полумуфту на вал ударами?
6. Как пользуются винтовым приспособлением для насадки шкива на конец вала двигателя?

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СБОРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Технологические процессы сборки электрических машин определяются их конструкцией. В качестве примеров рассмотрим технологические процессы сборки тех машин, разборка которых была изложена в разделе «Разборка машин для ремонта».

Сборка асинхронного двигателя АК 10-го габарита (см. рис. 14) производится в такой последовательности.

Надевают на вал внутреннюю крышку шарикоподшипника *15*.

Промывают шарикоподшипник.

Нагревают шарикоподшипник в масляной ванне, надевают его на вал и закладывают в него свежую смазку.

Надевают на вал внутреннюю крышку роликоподшипника *3*.

Промывают роликоподшипник.

Нагревают в масляной ванне внутреннее кольцо роликоподшипника с роликами и сепаратором, надевают его на вал и закладывают в него свежую смазку.

Наружное кольцо роликоподшипника вставляют в отверстие подшипникового щита *4*.

Вводят ротор в расточку статора.

Привертывают диффузоры *5* к подшипниковым щитам.

Нагревают ступицу подшипникового щита электронагревателем и надвигают щит на шарикоподшипник.

Приподнимают ротор за конец вала *1* и надвигают замок подшипникового щита на заточку станины *10*.

Привертывают подшипниковый щит к станине, не затягивая болты *13* окончательно.

Надвигают подшипниковый щит на ролики роликоподшипника.

Приподнимают ротор за конец вала и надвигают замок подшипникового щита на заточку станины.

Привертывают подшипниковый щит к станине, не затягивая болты окончательно.

Подтягивают постепенно болты подшипниковых щитов и одновременно поворачивают ротор за конец вала, проверяя легкость вращения ротора в подшипниках.

Надевают на вал крышку *2* роликоподшипника и

вводят бортик крышки в отверстие подшипникового щита.

Стягивают болтами крышки роликоподшипника.

Надевают на вал крышку *16* шарикоподшипника и вводят бортик крышки в отверстие подшипникового щита.

Стягивают болтами крышки подшипников.

Вторично проверяют легкость вращения ротора, поворачивая его за конец вала.

Проверяют зазор между статором и ротором щупами в четырех точках с каждой стороны двигателя.

Надевают комплект контактных колец *18* на вал и прикрепляют к нему болтами.

Присоединяют выводные концы обмотки ротора к контактным кольцам.

Собирают щеткодержатели на пальце и укрепляют их в коробке *17*.

Привертывают коробку к подшипниковому щиту.

Проверяют положение щеткодержателей относительно контактных колец и в случае необходимости регулируют их.

Опускают щетки на контактные кольца.

Присоединяют к щеткодержателям выводные концы от коробки зажимов *21*.

Подключают выводы статора к сети и производят обкатку двигателя, следя за тем, чтобы в двигателе не было посторонних шумов и не нагревались подшипники.

Надевают колпак *19* контактных колец и запирают его замками.

Сборка синхронного двигателя СД 10-го габарита (см. рис. 15) состоит из следующих операций.

Надевают катушки возбуждения *5* на полюса *4*.

Вдвигают хвостовики полюсов в пазы роторной втулки и заклинивают их клиньями *16*.

Устанавливают междукатушечные соединения.

Пропускают выводные концы ротора через отверстия в центре вала.

Статически балансируют ротор.

Напрессовывают на вал втулку вентилятора *7* и застопоривают ее болтом.

Привертывают диск вентилятора к втулке.

Вторично балансируют ротор.

Вводят ротор в расточку статора при помощи крана, проложив между ними лист тонкого картона.

Надевают на вал внутреннюю крышку шарикоподшипника *12*.

Промывают шарикоподшипник, удаляя старую смазку.

Нагревают шарикоподшипник в масляной ванне и надевают его на вал.

Закладывают в шарикоподшипник свежую смазку.

Нагревают ступицу правого подшипникового щита электронагревателем и надвигают щит на шарикоподшипник.

Надевают на вал внутреннюю крышку роликоподшипника *6*.

Промывают роликоподшипник, удаляя старую смазку.

Нагревают внутреннее кольцо роликоподшипника в масляной ванне и надевают его на вал.

Закладывают в роликоподшипник свежую смазку.

Приподнимают ротор за конец вала со стороны контактных колец и надвигают замок подшипникового щита на заточку станины.

Привертывают подшипниковый щит к станине, не затягивая болты окончательно.

Надвигают левый подшипниковый щит *8* на роликоподшипник.

Приподнимают ротор за выпущенный конец вала и надвигают замок подшипникового щита на заточку станины.

Привертывают подшипниковый щит к станине, не затягивая болты окончательно.

Вынимают лист картона, проложенный между статором и ротором.

Подтягивают постепенно болты подшипниковых щитов и одновременно, поворачивая ротор за конец вала, проверяют легкость вращения ротора в подшипниках и отсутствие задевания вращающихся частей за неподвижные.

Надевают на вал наружную крышку роликоподшипника и вводят бортик крышки в отверстие подшипникового щита.

Стягивают болтами крышки роликоподшипника.

Надевают на вал наружную крышку шарикоподшип-

ника и вводят бортик крышки в отверстие подшипникового щита.

Вторично проверяют легкость вращения ротора, поворачивая его за конец вала.

Проверяют щупами зазоры между расточкой статора и каждым полюсом с обеих сторон двигателя.

Напрессовывают на вал втулку шкива клиноременной передачи.

Надевают на втулку шкив и свертывают их болтами.

Проверяют шкив на отсутствие биения при вращении ротора.

Надевают комплект контактных колец *14* на конец вала.

Скрепляют контактные кольца с валом болтами.

Присоединяют выводы от катушек ротора к контактным кольцам.

Собирают щеткодержатели на пальцах *13* и укрепляют их в коробке.

Привертывают коробку к подшипниковому щиту.

Проверяют положение щеткодержателей относительно контактных колец и в случае необходимости регулируют их.

Устанавливают возбудитель *10* на станину машины.

Надевают клиноременную передачу *11* и регулируют натяжение ремней.

Устанавливают защитный кожух клиноременной передачи.

Надевают колпак контактных колец.

Присоединяют выводные концы обмотки статора к сети.

Соединяют контактные кольца с выводами от обмотки ротора.

Проверяют легкость вращения ротора от руки.

Производят пробный пуск двигателя и ставят его на обкатку.

Сборка кранового двигателя постоянного тока (см. рис. 16) производится следующим образом.

Привертывают к нажимной шайбе якоря вентилятор *14* и законтривают болты от самоотвинчивания.

Напрессовывают на вал втулки *1*.

Промывают бензином роликоподшипники, удаляя старую смазку.

Нагревают в масляной ванне внутренние кольца роликоподшипников *4* и надевают их на вал.

Вставляют в подшипниковые щиты *5* наружные кольца роликоподшипников.

Закладывают в роликоподшипники свежую смазку.

Напрессовывают на вал наружные втулки роликоподшипников.

Надевают катушки *13* на сердечники *12* главных полюсов. Привертывают два главных полюса к нижней половине станины.

Привертывают два главных полюса к верхней половине станины.

Надевают катушки *10* на сердечники *11* дополнительных полюсов.

Вдвигают дополнительные полюса между главными полюсами и привертывают два полюса к нижней половине станины.

Вдвигают дополнительные полюса между главными полюсами и привертывают два полюса к верхней половине станины.

Устанавливают междукатушечные соединения в каждой половине станины.

Надвигают подшипниковые щиты вместе с роликоподшипниками на внутренние кольца подшипников.

Опускают якорь с подшипниковыми щитами на нижнюю половину станины, следя за тем, чтобы замки станины и подшипниковых щитов совпали.

Собирают щеточный аппарат, устанавливая щеткодержатели *18* на пальцах.

Устанавливают половину траверсы *6* в нижней части станины.

Устанавливают пальцы со щеткодержателями в хомутике и затягивают их болтами.

Устанавливают вторую половину траверсы в верхней части станины.

Устанавливают пальцы со щеткодержателями в верхней половине траверсы.

Проверяют по шаблонам положение щеткодержателей по длине коллекторных пластин.

Опускают верхнюю половину *9* станины на нижнюю, следя за совпадением замков щитов и станины.

Стягивают болтами *2* верхнюю и нижнюю половины станины.

Устанавливают наружные крышки роликоподшипников и привертывают их к подшипниковым щитам *5*.

Проверяют легкость вращения якоря от руки.

Проверяют наличие осевого разбега якоря в подшипниках.

Устанавливают электрические соединения между катушками и щеткодержателями верхней и нижней половин станины.

Проверяют щупами воздушные зазоры между якорем, главными и дополнительными полюсами.

Присоединяют двигатель к сети.

Производят пробную обкатку и надевают колпак *3*.

Комплексные работы

Освоив всю программу производственного обучения, учащиеся выполняют самостоятельно комплексные работы, охватывающие подготовку к ремонту, капитальный ремонт и сборку после ремонта электрических машин. Эти комплексные работы могут быть использованы для сдачи экзаменов и получения квалификации.

Примерные темы комплексных работ:

1. Капитальный ремонт электродвигателей единой серии с короткозамкнутым ротором типов А2 и АО2 3, 4, 5 и 6-го габаритов (работа выполняется одним учеником).
2. Капитальный ремонт электродвигателей единой серии с короткозамкнутым ротором 7, 8 и 9-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).
3. Капитальный ремонт электродвигателей единой серии с фазным ротором типа АК2 (работа выполняется двумя учениками).
4. Капитальный ремонт синхронных машин с возбудителем (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).
5. Капитальный ремонт машин постоянного тока типа П 2, 3, 4 и 5-го габаритов (работа выполняется двумя учениками).
6. Капитальный ремонт машин постоянного тока типа П 6, 7, 8 и 9-го габаритов (работа выполняется бригадой из 3—4 учеников).

ЛИТЕРАТУРА

Виноградов Н. В. Ремонт крупных электрических машин. М., «Высшая школа», 1971.

Виноградов Н. В. Электрослесарь по ремонту электрических машин. М., «Высшая школа», 1974.

Горский В. В. Что нужно знать электрослесарю? М., Госэнергоиздат, 1963.

Митрофанов Л. Д. Производственное обучение слесарному делу. М., «Высшая школа», 1969.

Трифонов А. Н. Научная организация труда. М., «Энергия», 1968.

Производственное обучение в профессионально-технических училищах, М., «Высшая школа», 1972.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Николай Владимирович Виноградов

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЕЙ ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Редактор М. В. Кобринская. Художественный редактор Т. А. Дурасова. Технический редактор Т. А. Новикова. Корректор М. И. Козлова.

Т — 14259. Сдано в набор 24/IV 1974 г. Подп. к печати 16/IX 1974 г. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. тип. № 3. Объем 4,25 печ. л. Усл. п. л. 7,14. Уч.-изд. л. 7,40. Изд. № ЭГ — 215. Тираж 20 000 экз. Цена 20 коп.

План выпуска литературы для профтехобразования издательства «Высшая школа» на 1975 г. Позиция № 48

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Типография изд-ва «Уральский рабочий», г. Свердловск, пр. Ленина, 49.
Зак. № 251.

20 коп.